दूरसंचार कथा

लोकोपयोगी विज्ञान

दूरसंचार कथा

मोहन सुंदर राजन

अनुवाद
लक्ष्मीनारायण गर्ग

नेशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया

विषय सूची

भाग—4 : नयी सेवाएं

प्रस्तावना

दूरसंचार के क्षेत्र में तेजी से होते विकास को दर्शाने की दृष्टि से इस संस्करण की विषय सामग्री को अद्यतन किया गया है, पर्याप्त रूप से संशोधित किया गया है और सामान्य पाठक, जो कदाचित विषय की तकनीकी पृष्ठभूमि से अवगत न हो, के लाभार्थ नये रूप में प्रस्तुत किया गया है।

पुस्तक के प्रथम भाग में, आगे चलकर वर्णित तकनीकों में निहित प्रमुख विचारों का ऐतिहासिक परिचय दिया गया है। इस भाग में सम्मिलित अध्याय तार, टेलीफोन, रेडियो और टेलीविज़न के विकास पर आधारित हैं। उसके बाद दूरसंचार के क्षेत्र में 'ऑप्टिकल फाइबर' के बढ़ते हुए महत्व को देखते हुए प्रकाश के रहस्य का संक्षिप्त विवरण एवं 'माइक्रोचिप' से आयी क्रांति का पूर्वदर्शन करवाया गया है।

द्वितीय भाग में संचारण प्रौद्योगिकी का समावेश है। इसका प्रारंभ संचारण हेतु संकेतों के जमाव की तकनीक से होता है और इसके बाद दूरसंचार के विकास में अहं भूमिका अदा करने वाली डिजिटल प्रौद्योगिकी से संबद्ध कुछ मूलभूत विचारों का जिक्र किया गया है। अगले अध्यायों में कोएक्सियल केबिल, सूक्ष्मतरंग, उपग्रह संपर्क की कार्यप्रणाली का उल्लेख है जिसमें इंसेट, इंटलसेट और ऑप्टिकल फाइबर भी शामिल है जो विभिन्न सेवाओं के लिए अति विभव से युक्त नवीनतम संचारण माध्यम है।

तृतीय भाग में स्विचन प्रौद्योगिकी का वर्णन है। विद्युत यांत्रिक एक्सचेंजों की मूलभूत विशेषताएं (जैसे स्ट्रॉजर एवं क्रॉसबार) एवं इलेक्ट्रोनिक एक्सचेंजों का भी उल्लेख है। स्विचन समस्याओं को सुलझाने और स्टेट-ऑफ-दि-आर्ट डिजिटल स्विचों को विकसित करने में भारतीय इंजीनियरों की उपलब्धियों का खुलासा किया गया है। भारतीय दूरसंचार नेटवर्क द्वारा उत्पन्न चुनौतियों पर भी चर्चा की गयी है।

चतुर्थ भाग में, नये प्रकार की सेवाओं जैसे मोबाइल फोन, पेजिंग सेवाएं, डाटा संचारण तथा टेलीफोन से जुड़ी सुविधाएं टेलीविज़न और कंप्यूटर का उल्लेख है।

अंतिम अध्याय में डिजिटल प्रौद्योगिकी के कारण आये गंभीर परिवर्तनों और उनसे उत्पन्न उलझनों का उल्लेख करते हुए विकासशील देशों के लिए नयी प्रौद्योगिकी की सार्थकता की जांच की गयी है।

मोहन सुंदर राजन

आभार

मूल अंग्रेजी पुस्तक के पहले संस्करण के प्रकाशन से पूर्व जिन वरिष्ठ दूरसंचार विशेषज्ञों ने लेखक को प्रोत्साहन दिया और संक्षिप्त तकनीकी जानकारी दी; लेखक उनका आभारी है और उन विशेषज्ञों के नाम नीचे दिये गये हैं।

सर्वश्री टी.एस. सुब्रह्मण्यम, टी.वी. श्रीरंगन, एस.एम. अग्रवाल, एम.एन. माथुर, जी.बी. मीमांसी, बी.आर. नय्यर, एम.एस. नागराजन, एम.के. राव, यू.डी.एन. राव, आर. पी. सुब्रह्मण्यम, जॉन फ्रांसिस (आई.टी.यू.) एवं एस.के. सचदेव (इंटॅलसेट)।

लेखक नीचे वर्णित संगठनों के प्रति धन्यवाद ज्ञापन करता है, जिन्होंने पुस्तक के लिए विवरणात्मक सामग्री और चित्रादि भेजे : ब्रिटिश टेलीकॉम लंदन, सीआइटी-ॲल्काटेल, पेरिस; लेस केबल्स उ'ल्यॉन, टेलीकम्युनिकेशंस विभाग, फ्रांस; यूरोपियन स्पेस एजेंसी पेरिस, ब्रिटिश एरो स्पेस, ब्रिस्टल; इंटरनेशनल टेलीकम्युनिकेशन यूनियन (आई. टी. यू.) जैनेवा, इंटॅलसेट, वाशिंगटन; अमेरिकन सेंटर, नयी दिल्ली, ब्रिटिश इंफॉर्मेशन सर्विसेज (स्पेक्ट्रम) नयी दिल्ली; इंडियन टेलिफोन इंडस्ट्रीज लिमिटेड, बंगलौर; हिंदुस्तान टेलिप्रिंटर्स लिमिटेड, मद्रास; एवं भारतीय राष्ट्रीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन।

चित्र सूची

भाग—1

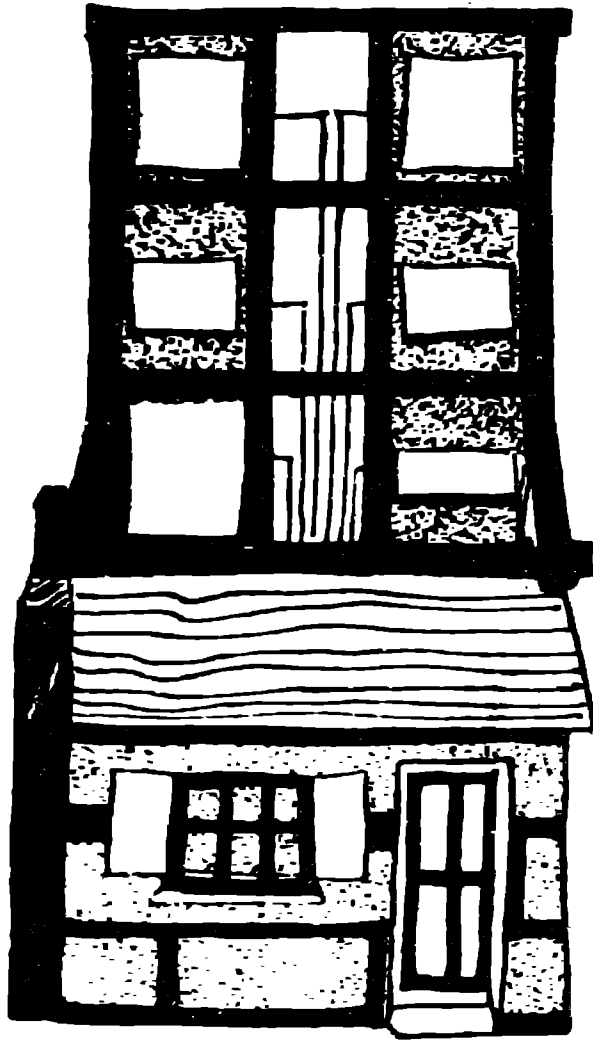
उत्पत्ति

1

परमात्मा ने यह क्या बनाया है?

अग्नि और धुएं के जरिए आदिम युगीन संकेतन के अनेक प्रमाण इतिहास में उपलब्ध हैं। टेलिस्कोप के आविष्कार से इस परंपरा में एक और नया आयाम जुड़ गया। आधुनिक संचार की दिशा में स्वयं फ्रांस की क्रांति (1789) ने पहला कदम उठाया। उस समय फ्रांस को तीव्र गति के संचार साधनों की आवश्यकता थी। क्लॉड चैप (1763-1805) नामक फ्रांसिसी इंजीनियर ने सन् 1791 में प्रकाशीय दूर संप्रेषण प्रणाली विकसित की। इस प्रणाली द्वारा दूरबीन का इस्तेमाल करके मीनारों से दिये गये कूट संदेश प्राप्त किये जा सकते थे। सन् 1794 में इसी प्रणाली द्वारा पेरिस और लिली को जोड़ा गया। शीघ्र ही इस प्रणाली को फ्रांस के अन्य भागों में तथा इंग्लैंड और संयुक्त राज्य अमेरिका में लागू किया गया। सन् 1795 में एक अंग्रेज बिशप जॉर्ज मुरे ने लंदन में एडमिरल को पोर्ट्स माउथ से जोड़ने के लिए एक संकेत पद्धति स्थापित की जिसमें छह स्वतंत्र कपाट थे (चित्र–1)। इन कपाटों को भिन्न भिन्न ढंग से प्रचालित करके संकेतों के साथ अपेक्षित संकेत मिलाकर प्रेषित किये जा सकते थे। क्लॉड चैप के भाई इगनेस चैप ने सन् 1793 में सर्वप्रथम 'तार' शब्द का प्रयोग किया जिसका अर्थ 'गति' के संबंध में चरम सीमा से था। यद्यपि दूर संप्रेषण प्रणाली के क्षेत्र में गति की असली सीमा तक तो विद्युत की सहायता से ही पहुंचना संभव हो पाया।

सन् 1809 में प्रोफेसर अलेसांद्रो वोल्टा ने रासायनिक प्रक्रिया द्वारा विद्युत उत्पादन को रिकार्ड किया। सन् 1819 में डैनिश वैज्ञानिक प्रोफेसर हांस क्रिश्चियन ऑर्स्टेड (1777-1851) ने इस बात की खोज की कि करेंट से चुंबकीय प्रभाव उत्पन्न होते हैं। जल्दी ही विद्युत चुंबक सामने आ गये। चुंबकों, सूइयों और विद्युत ने विद्युतीय तार प्रणाली के प्रणेता अंग्रेजों को नये विचारों से कार्य करने के लिए प्रेरित किया। शुरू-शुरू में निर्मित विद्युत टेलीग्राफी में से एक का निर्माण जेनेवा में जॉर्ज लीसेज ने सन् 1774 में किया। उन्होंने प्रत्येक अक्षर के लिए अलग-अलग तारों का इस्तेमाल किया। बरोन पॉल शिलिंग (1768-1837) ने सन् 1832 में विद्युत करेंट में दिग्सूचक की विचलनकारी चुंबकीय सूइयों का प्रयोग किया और विद्युत चुंबकीय टेलीग्राफ (इलेक्ट्रोमैग्नेटिक टेलीग्राफ) विकसित

किया। जार निकोलस–I द्वारा बोला गया फ्रेंच भाषा में दस शब्द का एक तार प्रेषित किया गया। परिषद् के सदस्य बी. एस. याकोबी (1801-1874) एक जर्मन गणितज्ञ तथा डब्ल्यू बेबर (1804-1879) ने सन् 1836 में कई तरह की टेलीग्राफी बनाने हेतु शिलिंग के कार्य को हाथ में लिया। सन् 1840 के लगभग ए बी सी टेलीग्राफिक यंत्र का आविष्कार हुआ जिसमें संदेश भेजने और प्राप्त करने के लिए दो डायल थे और एक घूमने वाली सूई थी जो जरूरत के अक्षर को इंगित कर देती थी।

चित्र-1 नेपोलियनी युद्धों के दौरान इंग्लैंड में तार प्रणाली के एक अंश के रूप में इस्तेमाल किया जाने वाला शटरबोर्ड

हत्यारे का पकड़ा जाना

रेल व्यवस्था ने भी टेलीग्राफी को बढ़ावा दिया। सन् 1837 आते-आते प्रोफेसर चार्ल्स व्हीट स्टोन और कुक ने 5 सूइयों वाली 'व्हीट स्टोन वर्किंग नामक एक प्रणाली का आविष्कार किया जिसमें पांच सूइयों की मदद से 20 अक्षरों को व्यक्त किया जा सकता था। पहली तार लाइन जो 2 किलोमीटर से भी कम लंबी थी, इंग्लैंड में ईस्टन और केमडेन नगर के बीच निर्मित की गयी और बाद में एक 21 किलोमीटर लंबी लाइन स्थापित की गयी। सन् 1845 में, तार प्रणाली एकाएक लोकप्रिय हो गयी जब रेल

में सवार एक हत्यारे से संबंधित समाचार तार द्वारा भेजा गया और उसकी सहायता से हत्यारे की गिरफ्तारी हुई जिसने लोगों की कल्पना को जैसे और उभार दिया। देहाती क्षेत्रों में तारों का जाल सा बिछ गया।

सन् 1845 में प्रसिद्ध मोर्स प्रणाली का जन्म हुआ। सेम्युएल फिनले ब्रीज मोर्स (1791-1872) ने अक्षरों के लिए एक कोड प्रणाली बनायी जिसमें विद्युत धारा के प्रभाव से एक कलम के विचलन से कागज पर चिह्न अंकित होते थे। सन् 1844 में बिछायी गयी भूमिगत लाइन को अव्यावहारिक मानते हुए बीच में ही छोड़कर मोर्स ने शिरोपरि लाइन का निर्माण प्रारंभ किया। वाशिंगटन और बाल्टिमोर को जोड़ने के लिए 1 जनवरी, 1845 को पहले से बिछी हुई लाइनों पर प्रथम शब्द 'व्हाट हैथ गॉड रॉट' (परमात्मा ने यह क्या बनाया है?) प्रेषित किए गये। तभी से ये शब्द ऐतिहासिक महत्व के बन गये हैं।

मोर्स कोड के 'डॉट और डेश' का प्रयोग बिजली की शक्तिशाली धारा उपलब्ध होने पर ही किया जा सकता था। फिर कूट संकेतों को सामान्य भाषा में बदलना भी एक समस्या थी। इस समस्या का किसी सीमा तक समाधान सन् 1855 में सीधी-सादी भाषा की तार प्रणाली के आविष्कार से हुआ। इंग्लैंड के एक आविष्कारक डेविड ई. ह्यूज्स (1831-1900) ने इस प्रणाली को पेटेंट करवा लिया। ह्यूज्स की, 'मुद्रण संप्रेषण प्रणाली' के नाम से जानी जाने वाली इस प्रणाली में वर्णमाला से युक्त, एक घूमने वाला पहिया लगा था जिसमें अक्षर बने हुए थे और पहिया जरूरत का अक्षर आने पर रूक जाता था। ह्यूज्स की मशीन तेज गति वाली थी, जो मोर्स की 25 शब्द प्रति मिनट की क्षमता की तुलना में प्रति मिनट 40 शब्द संप्रेषित करती थी।

पांच इकाइयों वाला कोड

इसके बाद सन् 1875 में आगे प्रगति हुई, जब फ्रांसिसी तार सेवा के एक अधिकारी, जिसका नाम एमिली बॉदेत (1845-1903) था, ने वर्णमाला के प्रत्येक अक्षर के लिए पांच इकाइयों का एक कोड बनाया। पांच चुंबकों के एक समूह को परिचालित करने के लिए लाइन पर पांच आवेग भेजे जाते थे। इस प्रकार एक मिनट में 60 शब्द प्रेषित किये जा सकते थे। इंग्लैंड में बॉदेत तार प्रणाली सन् 1879 में प्रारंभ हुई। अतः आजकल प्रेषण की गति को अंकित करने के लिए बॉदेत के सम्मान में उसके नाम का प्रयोग किया जाता है।

तार सेवाओं की बढ़ती हुई मांग ने एक व्यक्ति को यह सोचने के लिए बाध्य किया कि तार की एक ही लाइन पर एक से अधिक संदेश किस प्रकार भेजे जायें? ये व्यक्ति थे थॉमस एल्वा एडिसन (1847-1931) जो 15 वर्ष की आयु में

एक तार ऑपरेटर थे। उन्होंने (एक ही लाइन पर तार भेजने और प्राप्त करने के लिए) डुप्लेक्स परिपथों को पेटेंट करा लिया और बाद में एक दिशा में एक साथ दो संदेश भेजने की पद्धति विकसित की। इसी बीच सन् 1853 में वियना में ग्रिंट ने दो दिशाओं में दो संदेश प्रेषित करने के लिए एक ही तार का इस्तेमाल किया।

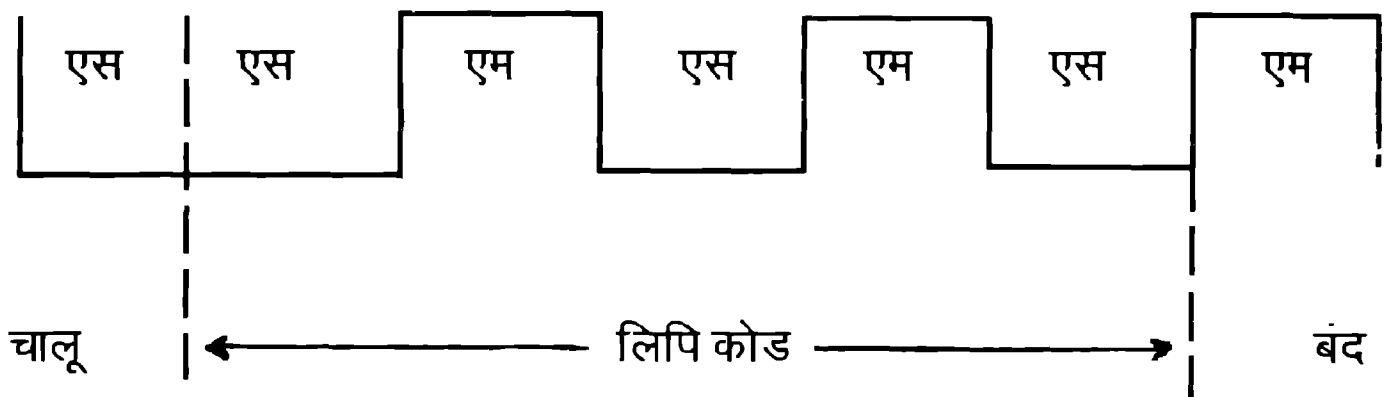
इस नए माध्यम ने जूलियस रायटर (1816-1899) नामक एक संवाददाता का ध्यान आकर्षित किया। उन्होंने तार की लाइनों का प्रयोग समाचार प्रेषित करने के लिए किया। पेरिस को बर्लिन एवं अन्य स्थानों तक तार लाइनों से जोड़ दिया गया। शुरू में समाचारपत्रों, रेलवे और विभिन्न सरकारों द्वारा तार प्रणाली का उपयोग किया गया। सन् 1850 के लगभग, दूरसंप्रेषण प्रणाली (टेलीग्राफी) का समुद्रों में विस्तार किया गया। फ्रांस और इंग्लैंड के बीच, मुक्त सागर में जॉन और जैकब बैट ने पहला समुद्री केबिल डाला। सन् 1858 में अटलांटिक के पार प्रथम समुद्री केबिल डाला गया लेकिन यह मात्र बीस दिन तक ही काम कर सका।

भारत में

भारत में संकेत यंत्र प्रणाली कलकत्ता और सागर द्वीप के बीच सन् 1813 में प्रारंभ हुई। सेम्युएल मोर्स जिस समय अमरीका में लाइन बिछा रहे थे उस समय भारत में सन् 1839 में कलकत्ता से डायमंड हार्बर की ओर 33 किलोमीटर की प्रथम प्रयोगात्मक विद्युत टेलीग्राफ लाइन प्रारंभ की गयी। हालांकि सन् 1813 में सेमाफॉर सिगनलिंग कलकत्ता और सागर द्वीप के बीच प्रारंभ की गयी थी। सन् 1851 में ईस्ट इंडिया कंपनी के लिए कलकत्ता और डायमंड हार्बर के बीच परिपथ स्थापित किया गया और सन् 1855 में जनता के लिए तार सेवा प्रारंभ की गयी। सन् 1867 से 70 के दौरान जर्मनी की एक कंपनी द्वारा लंदन को एमडेन, बर्लिन टोरून, वारसा, ओडेसा, तेहरान, बुशेर, कराची, आगरा और कलकत्ता से जोड़ने वाली भारत-यूरोपीय टेलीग्राफ लाइन का निर्माण किया गया। सन् 1860 में, लंदन को भारतीय उपमहाद्वीप से, स्वेज और कराची के जरिए एक टेलीग्राफ केबिल द्वारा जोड़ा गया। सन् 1870 में एक जलमग्न केबिल द्वारा लंदन और बंबई के बीच तार सेवा का उद्घाटन हुआ। इसके बाद ही सन् 1873 में बंबई और कलकत्ता के बीच डुप्ले प्रणाली प्रारंभ हुई। सन् 1906 में कलकत्ता और बंबई के ही बीच बॉदेत प्रणाली द्वारा मुद्रित टेलीग्राफी की शुरुआत हुई।

इसके बाद अन्य देशों में भी टेलीग्राफी का विस्तार हुआ। सन् 1882 में चीनी तार कूट पुस्तिका (चाइनीज टेलीग्राफिक कोड बुक) प्रकाशित हुई जिसमें आम इस्तेमाल के 6,000 लिपि-संकेतों के लिए चार अंकों की संख्या नियत की गयी। इन संस्थाओं को तार द्वारा प्रेषित किया गया। पहली टेलीग्राफ लाइन फ्रांस में सन् 1845

में, और 1853 में रूस में पूरी हुई। सन् 1849 में आस्ट्रिया और रूस दोनों देशों को टेलीग्राफ प्रणाली से जोड़ने से संबंधित संधि पर हस्ताक्षर किये गये। कुछ वर्ष बाद सन् 1865 में बीस राज्यों ने प्रथम अंतर्राष्ट्रीय समझौते पर हस्ताक्षर किये। इस सम्मेलन में दूरसंचार संबंधी मामलों में विभिन्न देशों के बीच परस्पर सहयोग की रूपरेखा तैयार की गयी।

तार संचार की आम पद्धति यह है कि किसी भी संदेश को पहले डॉट और डैश के मोर्स कूट में बदल कर प्रेषित किया जाता है और फिर संदेश प्राप्त करने वाले स्थान पर मोर्स कूट में प्राप्त संदेश को पुनः मूल अर्थ में बदला जाता है (चित्र–2)। प्रारंभिक दिनों में तार बाबू ऐसे संदेश को कूट में बदलते हुए 'कुंजी' दबा कर संदेश भेजता था और दूसरी तरफ की मोर्स 'कुंजी' में उत्पन्न ध्वनि को सुन कर कूट संदेश को सामान्य भाषा में बदलता था। इस प्रक्रिया में गति धीमी होती थी और उसमें गलती होने की संभावना भी रहती थी। कूट भाषा में संदेश भेजने और उसे मूल भाषा में बदलने की प्रक्रिया को मानव के बदले मशीन की सहायता से विद्युत द्वारा संप्रेषण करने में कई दशाब्दियों तक प्रयास करना पड़ा। इसके पश्चात दूरमुद्रक के नाम से जानी जाने वाली मशीन आम इस्तेमाल में सन् 1920 के दशक के बाद आयी। ऐसा ही एक प्रयास सन् 1894 में हुआ था जब टंकित संदेशों को प्रेषित करने के लिए आस्ट्रिया

चित्र-2 अंग्रेजी वर्णमाला के अक्षर'आर' को विद्युत आवेगों के एक कोड द्वारा इंगित किया गया है। इसका लिपि कोड, एस एम एस एम एस है। विद्युत की चालू अवस्था बंद अवस्था को दर्शाती है जिसे मार्क (एम) कहते हैं। जबकि विद्युत की बंद अवस्था, चालू अवस्था की द्योतिका है जिसे स्पेस (एस) कहते हैं।

में टेलीप्रिंटर तैयार किया गया। 'स्टार्ट-स्टॉप' (यानी 'चालू-बदं') का सुझाव, जिसे आगे चल कर दूरमुद्रकों में इस्तेमाल किया गया, एक रूसी तकनीशियन एन.पी. ट्रूसविच द्वारा सन् 1921 में दिया गया था। प्रथम दूरमुद्रक का निर्माण सन् 1928 में बर्लिन प्रयोगशाला में हुआ। पांच इकाइयों वाले प्रत्येक वर्ण से पहले यंत्र चालू अवस्था

में रहता है और उसके बाद बंद अवस्था में आ जाता है। 50 बाउड प्रति सेकेंड की गति पर 6-2/3 वर्ण प्रति सेकेंड प्रेषित किया जा सकता है। यह मानते हुए कि एक शब्द में औसतन पांच वर्ण होते हैं, एक मिनट में 80 शब्द प्रेषित किये जा सकते थे।

प्राप्त विवरण के अनुसार, भारत में दूरमुद्रक का प्रयोग सन् 1929 में कलकत्ता में दो कार्यालयों के बीच संबंध स्थापित करने के उद्देश्य से हुआ। महायुद्ध के दौरान कुछ अधिक गति वाले दूरमुद्रकों को काम में लाया गया। किंतु सन् 1940 के बाद तक अधिकांश तार लाइनें मोर्स कुंजी और साउंडर प्रणाली के आधार पर ही काम में ली जाती रहीं। सन् 1960 के बाद ही जब मद्रास स्थित हिंदुस्तान टेलीप्रिंटर्स लिमिटेड की स्थापना हुई तभी दूरमुद्रकों का बड़े पैमाने पर इस्तेमाल शुरू हो सका।

2

"हे भगवान, यह तो बोलता है!"

'ध्वनि' ने अनादिकाल से ही मनुष्य के मन को लुभाया है। फिर भी, ध्वनि तरंगों की प्रकृति, वैज्ञानिक तौर पर तो केवल अठारहवीं शताब्दी से ही समझी जा सकी है। वास्तव में, 'टेलीफोन' शब्द (यूनानी शब्द 'टेली' अर्थात् 'दूर' तथा 'फोन' अर्थात 'ध्वनि' से बना है) का अर्थ था–संचार की ध्वनि प्रणाली। यह तो बाद की बात है कि यह शब्द 'विद्युत की सहायता से संप्रेषण' के अर्थ का वाचक बन गया। टेलीफोन का आविर्भाव 'तार' से 45 वर्ष बाद हुआ। दरअसल 'तार' को प्रोन्नत करने का प्रारंभिक प्रयोग दूरभाष के अनुसंधान का अनुगम था।

राबर्ट हुक (1635-1703) नामक अंग्रेज उन पहले व्यक्तियों में से थे जिन्होंने यह सुझाया कि वाक् या ध्वनि को काफी दूरी तक संप्रेषित किया जा सकता है। सन् 1831 में एक अमेरिकी अनुसंधानकर्ता चार्ल्स पैगे (1812-1868) ने यह खोज की कि लोहे के चुंबकीकरण में तीव्र परिवर्तन संगीतात्मक स्वर के कारण है। जर्मन वैज्ञानिक एच. वॉन. हेमोल्ट (1821-1894) के परिणामस्वरूप सन् 1863 में ध्वनि तरंगों के गुणों को अच्छे ढंग से समझा जा सका। इसके बाद रिसीवरों की संवेदनशीलता बढ़ाने के लिए चुंबक तथा संयोजनों को प्रचालित करने और विद्युत करेंट को अवरुद्ध करने हेतु मध्यपटल (डायफ्राम) के इस्तेमाल के नये विचार उत्पन्न हुए। जर्मनी के फिलिप रोज (1834-1874) ने सन् 1860 में इन विचारों को व्यावहारिक रूप दिया। विद्युत के जरिए कुछ दूरी पर संगीतात्मक ध्वनि संप्रेषित की। अपने उपकरण को उसने 'टेलीफोन' की संज्ञा दी।

स्पष्ट तौर पर 'टेलीफोनी' के सिद्धांतों की जानकारी रखने वाले तथा बोलने के लिए उपकरण को प्रदर्शित करने वाले पहले व्यक्ति अलेक्जेंडर ग्राहम बैल (1847-1922) थे। ग्राहम बैल का जन्म 3 मार्च, 1847 को एडिनबर्ग में हुआ था। उनके पिता मेलविल बैल ध्वनिशास्त्री थे। युवा बैल बहरे बच्चों को बोलना सिखाने के कार्य में अपने पिता की सहायता करते थे। एडिनबर्ग और लंदन में अध्ययन करने के बाद

बैल कनाडा और फिर बाद में यूनाइटेड स्टेट्स चले गये। सन् 1871 में वे बोस्टन बधिर विद्यालय में अध्यापक हो गये किंतु विद्युत और ध्वनि में उनकी रुचि बराबर बनी रही। दो वर्ष बाद, वे बोस्टन विश्वविद्यालय में स्वरीय शरीर विज्ञान और वक्तृत्व कला के प्रोफेसर बन गये। टेलीग्राफी की ओर भी उनका ध्यान आकर्षित हुआ।

मनुष्य की श्रवण क्षमता ने उन्हें मोहित किया। वे सोचते थे कि क्या किसी भी रूप में तारों के जरिए ध्वनि संकेतों के संप्रेषण के लिए इसका इस्तेमाल हो सकता है। उन्होंने कहा, "जिस प्रकार वायु के घनत्व में भिन्नता होती है यदि हू-ब-हू वैसी ही तीव्रता, ध्वनि उत्पन्न करने के दौरान, मैं विद्युत करेंट में ला सकूं तो मैं तार के जरिए ध्वनि को संप्रेषित कर सकूंगा।"

कंपनयुक्त झिल्ली के जरिए सतत विद्युत धारा में विविधता का विचार बैल के मस्तिष्क में उस समय आया जब वे एक ही तार पर संप्रेषण के लिए पृथक पृथक तार संकेतों को मिलाने का प्रयोग कर रहे थे। उनके प्रायोगिक उपकरण की एक सूई, उपकरण के विद्युत-चुंबक से चिपक गयी। जब उन्होंने चिपकी हुई रीड को हटाने के लिए अपने सहायक वाटसन थॉमस से कहा तो उस समय बैल ने देखा कि पास वाले कमरे के साथ की रीड में कंपन हुआ और उतने ही स्वरमान की ध्वनि उत्पन्न हुई। यद्यपि आवाज समझ में आने लायक नहीं थी, फिर भी विद्युत के जरिए संप्रेषित हुई थी। अतः बैल इस नतीजे पर आये कि विद्युत की भांति आवाज को भी संप्रेषित किया जा सकता है। यह 2 जून, 1875 का दिन था।

"वाटसन महोदय यहां आइए"

अनेक प्रयासों के बाद 10 मार्च, 1876 को पहला पूर्ण वाक्य फोन पर सुना जा सका। रिसीविंग उपकरण लिये हुए, वाटसन एक कमरे में थे। वे कान से यंत्र को सटाये हुए थे। संप्रेषण उपकरण दूसरे कमरे में था। कमरों के दरवाजे बंद थे। बैल ने उपकरण के मुंह पर जोर से कहा, "वाटसन महोदय यहां आइए, मुझे आपकी जरूरत है"। वाटसन वहां दौड़ा आया और बोला, बैल महोदय आपने जो कुछ कहा उसका हर शब्द मैंने साफ सुना है।

सर्वप्रथम टेलीफोन में एक विद्युत-चुंबकीय रिसीवर और अम्लीकृत पानी के बर्तन में, धातु की छड़ से जुड़े, एक आड़े मध्यपटल (डायफ्राम) वाला भिन्नता-प्रतिरोधक ट्रांसमीटर लगा हुआ था और ट्रांसमीटर तथा रिसीवर में धातु का एक पतला डायफ्राम (मध्यपटल) और तार की कुंडली युक्त घोड़े की नालनुमा चुंबक लगी हुई थी। पटल से टकराने वाली ध्वनि तरंगें पटल में कंपन उत्पन्न करके चुंबकीय क्षेत्र में परिवर्तन करती थीं जिस की वजह से कुंडली में व्याप्त विद्युत करेंट में विविधता उत्पन्न होती थी। एक जोड़ने वाले तार के द्वारा रिसीवर कुंडली में करेंट पहुंचता था। इससे परिवर्तित

चुंबकीय क्षेत्र बनता था, जिसके परिणामस्वरूप मध्य-पटल में, ठीक बिलकुल, ट्रांसमीटर जैसा ही कंपन होता था।

टेलीफोन के आविष्कार का सर्वप्रथम सार्वजनिक प्रदर्शन 10 मई, 1876 को 'अमेरिकन एकेडेमी आफ आर्ट्स एंड साइंसेज' में हुआ था। संयुक्त राज्य अमेरिका की स्वाधीनता के शताब्दी समारोह के अवसर पर फिलाडेलफिया में आयोजित प्रदर्शनी में टेलीफोन की प्रस्तुति शालीनता पूर्ण थी। ब्राजील के सम्राट डाम पेड्रो ने जो कि आविष्कारों के बारे में निर्णय करने वाले अभिनिर्णायकों में से एक थे, टेलीफोन की जांच की। वे खुशी से चिल्ला उठे, "हे भगवान, यह तो बोलता है!" सम्राट ने बैल को बधाई देते हुए कहा कि इस आविष्कार से समूचे विश्व में लोगों के जीवनयापन का तरीका बदल जायेगा। सचमुच वे भविष्य ज्ञाता थे।

इसके बाद भी, टेलीफोन के लिये जनता का समर्थन बड़े स्तर पर प्राप्त करना था। टेलीग्राफ कंपनी ने टेलीफोन को संभावित प्रतिद्वंद्वी के रूप में देखा। कुछ लोगों ने तो यहां तक कहा कि यह सब केवल खिलवाड़ है और प्रयोगशाला में ही रखने लायक है। इस क्षेत्र में प्रतिस्पर्धा भी रही। एलिशाग्रे (1835-1901) भी टेलीफोन के क्षेत्र में कार्य कर रहे थे। उन्होंने फरवरी, 1876 में पेटेंट प्राप्त करने के लिए आवेदन दिया। यदि बैल को अपना दावा पेश करने में कुछ ही घंटों की देर हो जाती तो 'एलिशाग्रे' को पेटेंट मिल जाता। सन् 1874 में ही दोनों को एक दूसरे के कार्य की जानकारी थी। तथापि प्रमुख रूप से दोनों को ही तार के विकास से मतलब था।

बैल और वाटसन ने कठोर परिश्रम किया, उन्होंने एक कंपनी खोली और टेलीफोन लगाने शुरू कर दिये। फिर भी, टेलीफोन का तेजी से विस्तार तो बैल की इंग्लैंड यात्रा के कारण ही हुआ। उन्होंने महारानी विक्टोरिया के समक्ष टेलीफोन का प्रदर्शन किया। महारानी ने अपने महल के लिए दो टेलीफोनों की मांग की। इसके बाद टेलीफोन, पहले इंग्लैंड में और फिर यूरोप में भी लोकप्रिय हुआ। बैल के अपने देश में इसका अच्छा असर यह पड़ा कि टेलीफोन का संयुक्त राज्य अमेरिका में भी तेजी से प्रसार हुआ।

एक प्रतिभाशाली व्यक्तित्व

किसी भी प्रतिभाशाली के गुणानुरूप, बैल ने भी अनेक अभिनव प्रयोग किये। उन्होंने पानी की गहराई को नापने के लिए आवाज गुंजाने का प्रस्ताव किया और संसूचन सेलेनियम सैल की सहायता से प्रकाश की किरण के जरिए ध्वनि को संप्रेषित करने का भी प्रयास किया। उन्होंने एडिसन के फोनोग्राफ में भी संशोधन किया और एलरान का आविष्कार किया। यही नहीं, बैल ने प्रकाश की गति का पता लगाने हेतु अध्ययन कार्य के लिए वित्तीय सहायता भी प्रदान की। बैल ने ही कैंसर के इलाज के लिए

रेडियम के प्रयोग का सुझाव दिया। इस सबसे ऊपर, बैल एक मानवतावादी थे जिन्होंने बधिरों की शिक्षा के लिए जोरदार अभियान चलाया। बैल के संबंध में एक रोचक बात यह है कि वह अपने अध्ययन कक्ष में टेलीफोन नहीं रखते थे क्योंकि उन्हें व्यवधान कतई पसंद नहीं था। महत्वपूर्ण बात यह है कि बैल का आविष्कार इस दिशा में उठाया गया पहला कदम था। वस्तुतः शुरू के टेलीफोन अनगढ़ रूप में थे, उन्हें सुविधाजनक, विश्वसनीय और आकर्षक बनाने के लिए अनेक प्रकार के विकास होने आवश्यक थे।

सन् 1877 में जो पहला व्यावसायिक टेलीफोन बन कर सामने आया वह 'माइक' और 'ईयरफोन' दोनों का काम करता था। बोलने वाले को यह बतलाना पड़ता था कि वह अपनी बात कह चुका है और अब उपकरण को दूसरे व्यक्ति की बात सुनने के लिए कान पर लगा रहा है।

इसके एक वर्ष बाद, उपकरण में रिसीवर ट्रांसमीटर लगाया गया ताकि व्यक्ति अपनी बात कहने के साथ साथ दूसरे की बात सुन भी सके। आखिरकार, टेलीफोन लोकप्रिय हो गया। पहली टेलीफोन निर्देशिका न्यू हेवन कनैक्टिकट, यू. एस. ए. में 21 फरवरी, 1878 को जारी की गयी।

एक पुरोहित की खोज

उसी वर्ष, इंग्लैंड में एक देहाती पुरोहित बोल्टन पर्सी ने यह खोज की कि पिसा हुआ कोक, माइक्रोफोन में कांटेक्ट की भिन्नता लाने के लिए अनुकूल है। एक अंग्रेज पादरी हेनरी हनिंग्स ने एक ट्रांसमीटर विकसित किया जिसमें दानेदार कार्बन का इस्तेमाल किया गया था। थॉमस एल्वा एडिसन ने भी कार्बन के दानों का प्रयोग करते हुए एक ट्रांसमीटर का आविष्कार (1877) किया। वास्तव में, उसने और उसके साथियों ने, कार्बन को चुनने से पहले 2,000 तरह की अन्य चीजों को आजमाया। एक अन्य आविष्कारक, एंथनी सी० व्हाइट ने स्थिर और गतिशील विद्युदग्र (इलैक्ट्रोड) के बीच में कार्बन रख कर एक युक्ति बनायी। कार्बन के दाने युक्त 'माईक' के कई रूप सामने आये लेकिन इसका व्यावहारिक मॉडल एक दशक के बाद ही तैयार हो पाया।

सन् 1880 में फ्रांसिस ब्लेक ने एक सेट तैयार किया जिसके द्वारा आवाज को स्पष्टता से संप्रेषित किया जा सकता था। सन् 1879 में एडिसन ने तेज आवाज वाला टेलीफोन विकसित किया।

सन् 1882 तक फ्रांस में उपभोक्ताओं के लिए हैंड सेट उपलब्ध हो गये थे। आस्ट्रिया में, चार लीवरों का प्रयोग करके, एक उपभोक्ता का दूसरे उपभोक्ता के साथ स्वचालित संयोजन स्थापित किया गया। सन् 1882 में ही मैगनेटो बाल सेट सामने आया जिसमें संकेतन के लिए क्रेंक को घुमाने की व्यवस्था थी। इसके चार वर्ष बाद, लंबी दूरी के प्रयोग के लिए, एक वायस ट्रासंमीटर का विकास हुआ।

इस बीच टेलीफोन को सुंदर बनाने के प्रयास जारी रहे। सन् 1892 और 1897 के मध्य डेस्क-सेट विकसित हुए। टेलीफोन के लिए, एक्सचेंज से पावर देने के लिए सन् 1900 में एक सामान्य बैटरी को इस्तेमाल किया गया।

इसी शती के आरंभ में अंतर्निर्मित जेनरेटर वाले दीवारी मॉडल सामने आये जिनमें घर में अंतःसंपर्क करने का प्रावधान था। इससे महिलाएं तो बेहद प्रसन्न हुईं।

डायलों का प्रादुर्भाव

उपभोक्ताओं को नाम से बुलाने के बजाय नंबर से बुलाने की बढ़ती हुई प्रवृत्ति के कारण नंबर डायल करने के तरीकों को व्यावहारिक रूप देने का विचार जन्मा और सन् 1896 में रोटेरी डायल विकसित हुआ। सन् 1919 में यूनाइटेड स्टेट्स में डायल टेलीफोन बना जिसमें स्विचिंग तकनीकों का प्रयोग किया गया। जर्मनी के प्रारंभ के टेबिल टेलीफोनों में उंगली से घुमायी जाने वाली चक्राकार प्लेट लगी होती थी जिसमें 25 छेद होते थे।

यूरोप में सरल और कारगर आकृति वाले रंगीन टेलीफोनों के मॉडल शीघ्र ही लोकप्रिय हो गये। संयुक्त रिसीवर और ट्रांसमीटर वाले हैंड सेट सन् 1928 में विकसित हुए और डायल वाले नए डेस्क-मॉडल सामने आये। सन् 1937 में टेलीफोन की घंटी और संबंद्ध उपस्कर दोनों को, जो पहले पृथक रहते थे, टेलीफोन के अंदर ही उसके तल में लगा दिया गया। एक वर्ष बाद, एक 'होल्ड' बटन के साथ छह बटन लगाये गये। ऐसा,व्यापारियों की सुविधा के लिए किया गया था जिनके पास हर लाइन के लिए अलग अलग टेलीफोन थे। इसके बाद, काफी संख्या में कॉलों को संभालने के लिए एक से एक आकर्षक डिजाइनों और रंगों में विस्तारण (एक्सटेंशन) फोन और बटन तैयार होने लगे।

संयुक्त राज्य अमेरिका से बाहर, स्वीडन से लेकर जापान तक विभिन्न देशों में टेलीफोन के अनेक मॉडल विकसित किये गये। इंग्लैंड में प्रारंभिक रिसीवर सन् 1876 में भौतिकी के प्रोफेसर ए. ई. डालबियर द्वारा तैयार किया गया था। सन् 1886 में रूस के ए. ए. स्ताल्वोवस्की तथा ए. कैंगर द्वारा एक डेस्क-टेलीफोन विकसित किया गया था। सिक्के से प्रचालित होने वाला प्रारंभिक टेलीफोन उपकरण सन् 1910 में आस्ट्रिया में प्रयोग में आया। स्वीडन-टेलीग्राफ एडमिनिस्ट्रेशन (स्वीडन तार प्रशासन) ने सन् 1884 में एक टेलीफोन तैयार किया। बुल्गारिया ने सन् 1886 में प्रथम सार्वजनिक टेलीफोन प्रणाली सोफिया में प्रारंभ की। जर्मनी में सन् 1908 में स्वचालित मेज टेलीफोन का इस्तेमाल किया गया। उसी वर्ष पास्के ने फ्रांसिसी ढंग का टेलीफोन तैयार किया। सन् 1924 में डायलिंग प्रणाली वाला पहला, फ्रांस का एक अन्य मॉडल बनकर सामने आया।

इतने प्रकार की परिष्कृत विशेषताएं हो जाने पर भी टेलीफोन सेट के आधारभूत तत्व शुरू से वही हैं। कार्बन-दानों वाले माइक्रोफोन का आविष्कार सन् 1890 के दशक में हुआ। घंटी तो पिछली सदी में ही लग गयी थी। जब कि डायल लगभग वैसा ही है जैसा कि शताब्दी के प्रारंभ में था। जहां तक रिसीवर का प्रश्न है, यह मूलतः उसी नमूने का है जो कि बैल ने इस्तेमाल किया था।

फिर भी इसमें और सुधार करने की इच्छा स्पष्ट दृष्टिगोचर हो रही है। यद्यपि कार्बन-दानों वाले माइक्रोफोन का निर्गत अच्छा है तथापि यह कभी कभी थोड़ी कठिनाई पैदा करता है। ध्वनि तरंगों के सीधे दाब में अर्धचालक आवाज में ज्यादा अच्छी तरह वृद्धि कर सकते हैं। ट्रांजिस्टर परिपथ, जो कि घंटी दबाने पर करेंट को आवृत्ति में बदलने का कार्य करेगा, की सहायता से घंटी के स्थान पर अधिक कर्णप्रिय ध्वनि उत्पन्न की जा सकती है।

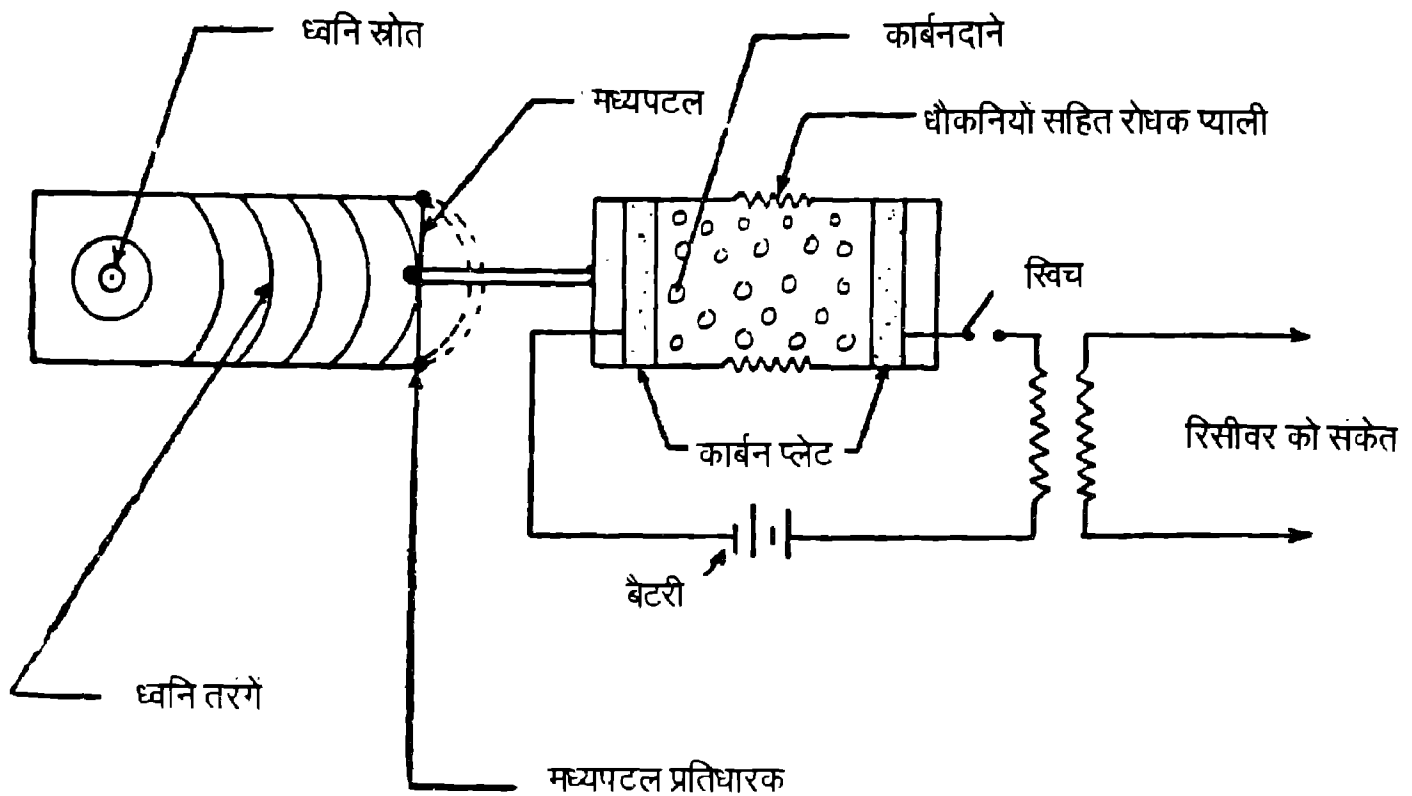
अनेक स्थानों पर डायल का स्थान बटनयुक्त 'कुंजी पेड' ने ले लिया है। सामान्यतः डायलिंग से उत्पन्न होने वाले संकेत उपकरण में अस्थायी तौर पर जमा होते हैं और उसके बाद डायल टेलीफोन द्वारा स्पंदन के रूप में भेजे जाते हैं। 'कुंजी पेड' 12 या 16 बटनों से बनाये जा सकते हैं। इन बटनों के प्रचालन से संकेतन के मतलब के लिए पूर्वनिश्चित आवृत्तियों का निष्पादन होगा। इस प्रकार दबाये जाने वाले बटनों का एक लाभ यह है कि टेलीफोन को, सीधे कंप्यूटर से बात करने के लिए प्रयोग में लाया जा सकता है।

टेलीफोन में 400 पेचीदे घटक होते हैं, इनमें से प्रत्येक की गुणवत्ता पर टेलीफोन की कार्यकुशलता निर्धारित होती है। घटकों में सुधार की दिशा में तथा टेलीफोन को और हल्का, अधिक आकर्षक और अधिक विश्वसनीय बनाने की दृष्टि से नया रूप प्रदान करने के लिए प्रयास किये जा रहे हैं। उदाहरणार्थ, निरर्थक बाहरी शोर और विरूपण रहित आवाज के अधिक विश्वसनीय प्रतिरूपण के लिए इंडियन टेलीफोन इंडस्ट्रीज, बंगलौर, ने ट्रांसमीटर को परिष्कृत रूप प्रदान करने का काम हाथ में लिया है। आखिरी वक्त तक डायल की एक-सी गति बनाये रखने के लिए एक नियंत्रक विकसित किया गया है। अनेक अंदरूनी घटक, एक छपे हुए परिपथ-पटल पर लगाए गये हैं जिससे उपकरण के अंदर तारों को लगाने की आवश्यकता समाप्त हो जाती है।

आधारभूत सिद्धांत

हालांकि टेलीफोन का आकार प्रकार बदल गया है किंतु इसके आधारभूत सिद्धांत लगभग वैसे के वैसे ही हैं। टेलीफोन के लिए मुख्य रूप से आवश्यक है ट्रांसमीटर, जो ध्वनि को विद्युत ऊर्जा में बदलता है; टेलीफोन लाइन या सूक्ष्म तरंग मार्ग, जो

कि आवाजों के संकेतों को ले जाने वाले माध्यम के रूप में कार्य करता है और साथ ही रिसीवर जो कि विद्युत ऊर्जा को ध्वनि ऊर्जा में परिवर्तित करता है (चित्र–3)।

एक सरलीकृत टेलीफोन ट्रांसमीटर

चित्र-3. सरलीकृत टेलीफोन ट्रांसमीटर जो ध्वनि तरंगों को विद्युत तरंगों में बदलता है

माउथपीस और ट्रांसमीटर में अनिवार्य रूप से एक मध्यपटल (डायफ्राम) तथा कार्बनदानों से भरा हुआ एक कैपसूल होता है। यह कैपसूल दो विद्युदग्र (इलैक्ट्रोड) के मध्य रहता है जो एक्सचेंज की बैटरी से जुड़े होते हैं। बोलने वाले की आवाज से मध्यपटल में कंपन होता है जिससे कार्बनकण संकुचित या निर्मुक्त होते हैं। ये कार्बनकण करेंट को मार्ग प्रदान करते हैं। ये कार्बनकण जब संकुचित होते हैं तो करेंट ज्यादा आता है और जब निर्मुक्त होते हैं तब कम आता है। इस प्रकार ध्वनि तरंगें, विद्युत के उतार-चढ़ाव में, रूपांतरित की जाती है।

रिसीवर, विद्युत चुंबक के द्वारा आने वाले करेंट के साथ तालमेल रखते हुए चुंबकीय तरीके से मध्यपटल में कंपन उत्पन्न करके विद्युत तरंगों को वापस सुनने लायक आवाज में बदलता है। इसके लिए घट-बढ़ वाला चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न किया जाता है। जिससे मध्यपटल में कंपन होता है और आवाज श्रोता के कानों तक पहुंचती है। रिसीवर में व्यस्त होने का स्वर या 'फिर से कॉल कीजिए' स्वर प्राप्त करने की क्षमता होती है। यह दोनों तरह की ध्वनियां एक्सचेंज द्वारा भेजी जाती हैं।

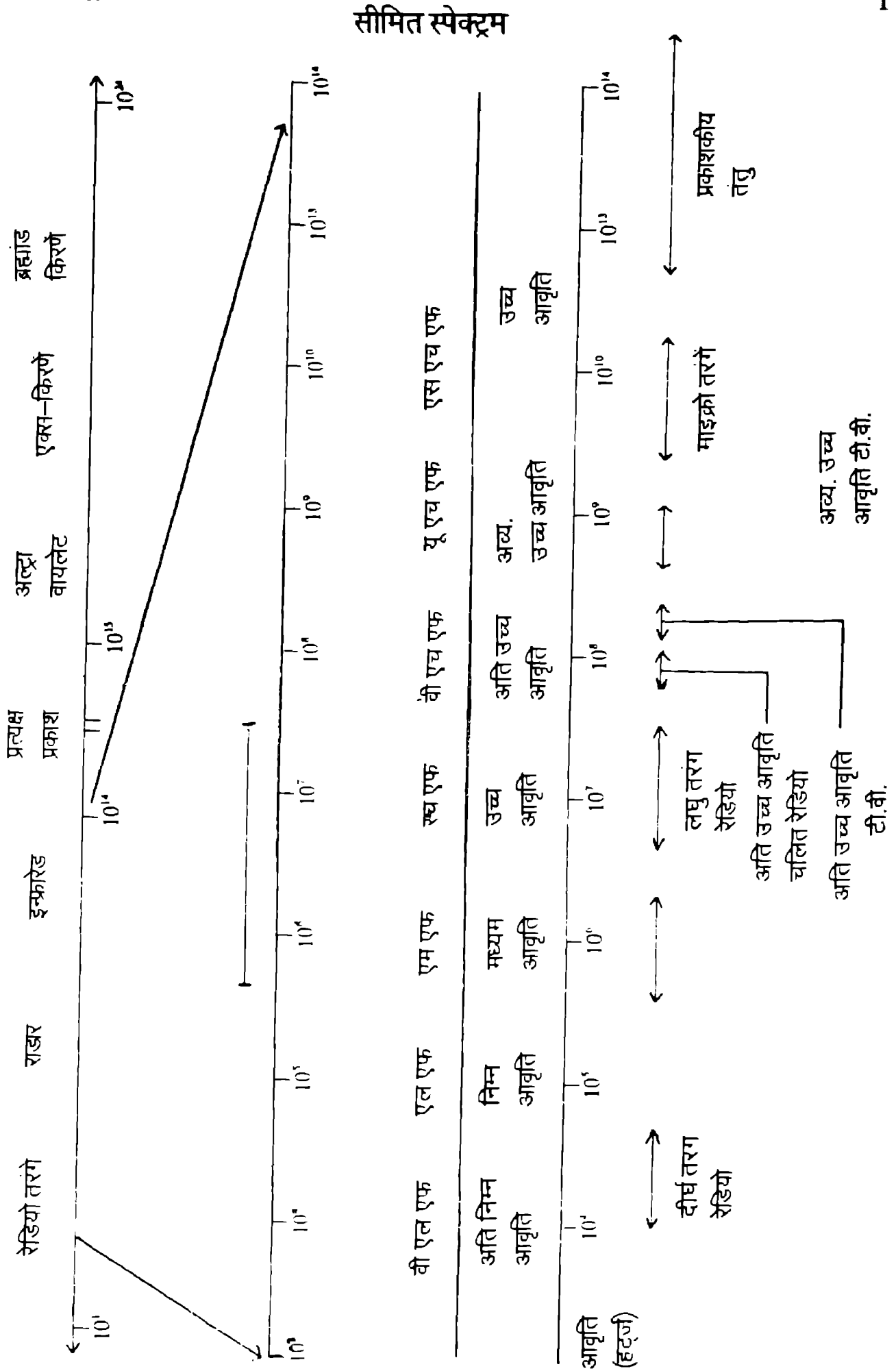
3

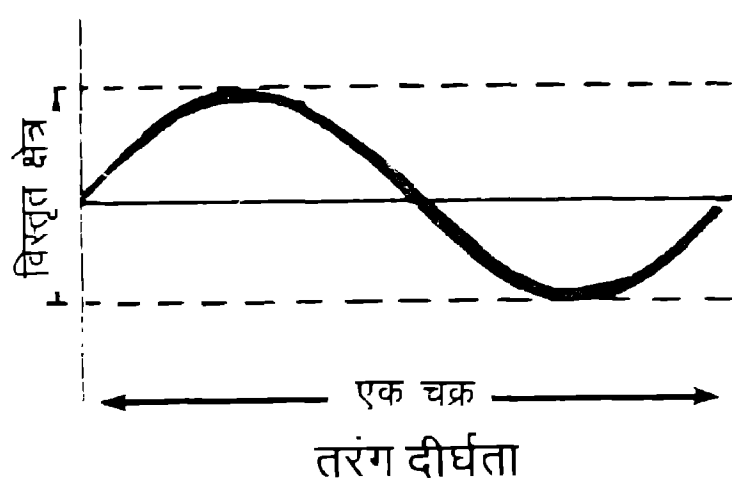
सीमित स्पेक्ट्रम

दिखाई पड़ने वाला प्रकाश दीप्तियुक्त ऊर्जा का केवल एक रूप है जो अपनी प्रकृति में विद्युत चुंबकीय कहा जाता है, उसके और रूप भी हैं। प्रति सेकेंड आवृत्ति और दीर्घता की दृष्टि से भिन्नता लिए ऊर्जा की विभिन्न तरंगें विद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम की संरचना करती हैं। स्पेक्ट्रम के एक सिरे पर दीर्घ रेडियो तरंगें होती हैं; लघु तरंगें, सूक्ष्म तरंगें, अवरक्त, दृश्य प्रकाश, पराबैंगनी, एक्स-किरणें और गामा किरणें जिसका अनुसरण करती हैं (चित्र 4)। स्कॉट के एक प्रोफेसर जेम्स क्लर्क मैक्सवेल (1831-1879) ने विद्युत चुंबकीय विकिरण पर सन् 1864 में प्रकाशित समीकरणों में दर्शाया कि प्रेक्षक के लिए सापेक्ष वस्तु द्वारा प्रसारित होने वाले वेग को ध्यान में रखे बिना विद्युत का एक ही वेग होता है। उन्होंने कहा कि सारी विद्युत चुंबकीय तरंगें प्रकाश वेग से ही गमन करती हैं। उनकी गणनाओं की व्यावहारिक उपयोगिता थी। लेकिन मैक्सवेल अपने समय से बहुत आगे थे। उनका गणित लोगों को उत्साहित नहीं कर सका। यहां तक कि केल्विन जैसे प्रख्यात वैज्ञानिक ने भी उनके विचारों को प्रोत्साहन नहीं दिया।

रेडियो तरंगों को नियंत्रित करने वाले अधिकांश नियमों की, यहां तक कि इन तरंगों की प्रयुक्ति से पहले भी पूर्वसूचना मैक्सवेल द्वारा ही दी गयी। जब एक जर्मन हेनरिक रुडोल्फ हट्र्ज (1857-1894) ने सन् 1889 में (चित्र–5) रेडियो तरंगें प्रस्तुत कीं, तब जाकर लोग इनकी खोज का महत्व जान पाये। यह प्रयोग ऐसा युगांतकारी रहा कि रेडियो और दूरसंचार तरंगों की आवृतियों का नामकरण उसके नाम पर ही किया गया है। आवृतियों की एक इकाई अब हट्र्ज के रूप में जानी जाती है। विद्युत चुंबकीय तरंग द्वारा प्रति सेकेंड लगाये गये चक्रों की संख्या आवृति कहलाती है (चित्र–6)।

जिस व्यक्ति ने हट्र्ज के प्रयोगों को दोहराया उनका नाम ओलिवर जोसेफ (1851-1940) था। उन्होंने सन् 1871 में ऑक्सफोर्ड में सौ गज के पार बेतार संकेत

सीमित स्पेक्ट्रम

चित्र-4 विद्युत-चुंबकीय स्पेक्ट्रम : इसका विस्तार रेडियो तरंगों से ब्रह्मांड किरणों तक है जिसमें प्रत्यक्ष प्रकाश एक छोटी खिड़की जैसा है। संचार के लिए उपलब्ध स्पेक्ट्रम 10^4 हट्र्ज से 10^{14} से ऊपर हट्र्ज तक है, ऐसा क्षेत्र जिसका तरंग दैर्घ्य 30,000 मीटर से एक मीटर के दस लाखवें भाग तक है। अधिक संकेतों को अधिक आवृतियां (बैंडविड्थ) अपेक्षित होती हैं। सूक्ष्म तरंग बैंड मध्यम तरंगों से 2,000 गुनी चौड़ी है किंतु प्रकाशीय तंतु की क्षमता की तुलना में यह अत्यंत लघु है।

चित्र-5 हट्र्ज जिसने रेडियो तरंगों की खोज की

चित्र-6 **आवृत्ति** : प्रति सेकेंड तरंगदीर्घता के एक चक्र को हट्र्ज कहते हैं। इसका यह नाम हेनरिक हट्र्ज के नाम पर है, यह वह वैज्ञानिक था जिसने सन् 1887 में पहली बार विद्युत चुंबकीय तरंगें उत्पन्न की थीं। रेडियो तरंगें प्रकाश की गति से यात्रा करती हैं जो नियत है। आवृति बढ़ाने के लिए तरंगदीर्घता घटा दी जाती है ताकि निर्धारित समय में और अधिक यात्रा कर सकें। एक किलो हट्र्ज प्रति सेकेंड का अर्थ एक हजार चक्र है; एक मेगा हट्र्ज प्रति सेकेंड एक मिलियन और एक गि.हट्र्ज प्रति सेकेंड एक बिलियन चक्र के समकक्ष है।

संप्रेषित किये। बेतार-तरंगों का पता लगाने के लिए उन्होंने संयुक्तक (coherer) नामक नली के साथ ट्रासंमीटर और रिसीवर रखा। संयुक्तक की खोज का श्रेय फ्रांसिसी भौतिक विज्ञानी एडुअर्ड ब्रेनले (1844-1940) को दिया जाता है, जिसका फ्रांस में विद्युत टेलीग्राफ के आविष्कारक के रूप में स्वागत हुआ। उसने देखा कि 25 मीटर दूर उत्पन्न की गयी विद्युत तरंगों से उसके संयुक्तक में लोहे अथवा चांदी के धातु कण परस्पर चिपक जाते हैं और करेंट प्रवाहित करते हैं।

इस बीच पहला रेडियो रिसीवर विकसित हो चुका था। सन् 1896 में, सेंट पीटर्सबर्ग में भौतिकी के एक प्राध्यापक ए. एस. पॉपोफ (1859-1906) ने इसे विकसित किया और 5 किलोमीटर की दूरी पर 'हेनरिक हट्र्ज' शब्द प्रेषित किये इटली के एक आकर्षक युवक ने सोचा कि हर्ट्जीयन तरंगें संचार का आधार हो सकती हैं। इस युवक का नाम गुग्लेल्मो मार्कोनी (1874-1937) था। इन्होंने टेलीफोन के आविष्कार के बीस बर्ष बाद रेडियो तरंगों के जरिए 3 किलोमीटर से दूर एक संक्षिप्त तार भेजा। ब्रिटिश पोस्ट आफिस के इंजीनियरों से यह कहने के लिए वह इंग्लैंड गया कि वे उसकी योजना को कार्य रूप देकर देखें। तब तक वह 32 किलोमीटर की दूरी तक रेडियो तरंगों को संप्रेषित कर चुका था। ब्रिटिश पोस्ट आफिस के इंजीनियर विलियम प्रीस के नेतृत्व में कार्य कर रहे इंजीनियर इस युवक से बहुत प्रभावित हुए किंतु वे निधि की व्यवस्था न कर सके और सन् 1897 में मार्कोनी को वापस इटली लौटना पड़ा।

जब तक उन्होंने पता लगा लिया था कि एरियलों की ऊंचाई बढ़ाने से बेतार-संकेत दूर तक भेजे जा सकते हैं। उन्होंने पतंग उड़ाने में निपुणता हासिल करनी प्रारंभ की ताकि पतंग एरियल को साध सके। उन्होंने दृढ़ निश्चय कर लिया था कि अपनी योजना को कारगर साबित कर वैज्ञानिकों को दिखलाना है। वे एटलांटिक पार, न्यूफाउंडलैंड गये जहां उन्होंने एरियल उड़ाकर, कार्नवाल, इंग्लैंड से संप्रेषित रेडियो तरंगों को पकड़ लिया। उन्होंने सन् 1901 में S (एस. अक्षर) को संकेतित करते हुए टेलीग्राफी में तीन बिंदु प्राप्त किये। वह मनुष्य के लिए बड़ी कामयाबी थी।

विभिन्न प्रकार के विकास के ज़रिए रेडियो तरंगों के प्रयोग में अभिवृद्धि हुई। डेनमार्क के एक रेडियो भौतिक विज्ञानी वी. पॉलसेन को सन् 1902 में, एक चापदीप (आर्क लैंप) के जरिए सतत विद्युत चुंबकीय तरंगें उत्पन्न करने में सफलता मिली। तथापि रेडियो टेलीफोन के लिए अनिवार्य युक्तियों से संबंधित समस्याओं जैसे सतत उच्च्य आवृति तरंगें निष्पादित करने के लिए एक दोलक, तरंगों की शक्ति बढ़ाने हेतु स्पीच और रिसीवर एंप्लीफायर के साथ तरंगों को मॉडुलित करने के लिए संसाधन का समाधान निर्वात नली से ही संभव हो सका। लंदन विश्वविद्यालय के विद्युतीय

इंजीनियरी के प्रोफेसर जे. ए. फ्लेमिंग (1849-1945) जिन्होंने अटलांटिक पर तरंगें संप्रेषित करने में मार्कोनी की सहायता की थी; सन् 1904 में तापायनिक वाल्व विकसित किया जो विद्युत चुंबकीय तरंगों के टकराने पर सशक्त करेंट प्रसारित करता था।

फ्लेमिंग से सर्वथा स्वतंत्र रहकर काम करने वाले एक अमेरिकी अन्वेषक ली डे फॉरेस्ट (1873-9761) ने सन् 1906 में एक परिष्कृत युक्ति विकसित की जिसे त्रिक निर्वात नली के नाम से जाना गया जिससे क्षीण संकेत प्रवर्धित हुए। प्रारंभ में उन्हें परेशानियां हुई। उन पर जिसे 'निरी शून्य गैस बोतल' बेचने का अभियोग भी लगाया गया। संकेतों के बढ़ाने के अलावा यह नली सूक्ष्म और नियंत्रण में रहने योग्य प्रसारण आवृति भी उत्पन्न कर सकती थी। सन् 1908 में डे फोरेस्ट ने पेरिस में ईफेल टॉवर से प्रसारण का निरूपण किया जो फ्रांस के दक्षिण में मार्सेलीज तक सुना जा सका।

एक अन्य महत्वपूर्ण घटना सन् 1906 में हुई। रेनाल्ड फेसेन्डन (1866-1932) ने अपने मित्र अलेक्जेंडरसन के साथ काम करते हुए वाक् और संगीत को रेडियो संगीत में भर दिया। तरंगों में वाक् और संगीत को समाविष्ट किया गया। बड़े दिन के अवसर पर दो वक्तव्यों, एक गीत और वायल वादन से मनोरंजन कार्यक्रम प्रसारण प्रारंभ हुआ। उन्होंने एक उच्च आवृति विपरिवर्तक का प्रयोग किया और कार्यक्रम न्यूयॉर्क के समीप 320 किलोमीटर की दूरी पर प्रेषित किया।

तथापि सन् 1910 में बेतार संदेश की सहायता से जहाज पर सवार एक हत्यारे की गिरफ्तारी से ही लोगों की कल्पना प्रखर हो उठी और रेडियो संचार लोकप्रिय हो गया। समाचार पत्रों ने इसे महान उपलब्धि बतलाया। जहाजों के मालिकों ने इसके इस्तेमाल में तत्परता दिखलायी। जहाजों को मौसम संबंधी रिपोर्ट और विपत्ति संदेश भेजे जाने लगे और जब सन् 1911 में किंग जॉर्ज पंचम भारत आये तब बेतार का प्रयोग किया गया।

प्रथम विश्व युद्ध (1914-1918) ने रेडियो के इस्तेमाल को और प्रोत्साहन प्रदान किया। क्रिस्टल सैट और उनके तुरंत बाद बड़े रिसीवर बाजार में दिखाई देने लगे।

वाक् के अच्छे ढंग से संप्रेषण के लिए प्रयास जारी रहे। सन् 1915 में आर्लिंगटन से हवाई और पेरिस के लिए रेडियो द्वारा बोधगम्य वाक् का संप्रेषण हुआ। सन् 1920 में इंग्लैंड से संगीत का कार्यक्रम प्रसारित किया गया जिसे लोगों ने यूरोप में सुना। सन् 1923 में अटलांटिक पार एक संप्रेषण चैनल स्थापित करने के लिए 60 किलो हट्र्ज की आवृति का इस्तेमाल किया गया। तीन वर्ष बाद इंग्लैंड संयुक्त रा. अमरीका के बीच एक द्विमार्गीय रेडियो संपर्क स्थापित हुआ। सन् 1927 में इन दोनों देशों के बीच पहली बार व्यावसायिक रेडियो टेलीफोन संपर्क स्थापित किया गया। इसके

बाद जल्दी ही बर्लिन और ब्यूनोस एयर्स के बीच संपर्क हुआ। सन् 1930 में इंग्लैंड और आस्ट्रेलिया को रेडियो द्वारा जोड़ा गया।

रेडियो प्रसारण के आरंभिक दिनों में यह पाया गया कि 3 से 30 किलो हट्र्ज के बीच की आवृतियां मंद गति की टेलीग्राफी के लिए उपयोगी हैं बाद में ज्यादा दूरी वाले स्थानों तक पहुंचने के इरादे से उच्चतर आवृतियों (1,500 किलो हट्र्ज से ऊपर) का प्रयोग किया गया। वैज्ञानिकों को यह आश्चर्य होने लगा कि वह कौन-सा माध्यम है जो तरंगों को आकाश से प्रतिबिंबित करता है। इंग्लैंड के ओ. हीवसाइड (1850-1925) तथा सं. रा. अमरीका के ई. केनेली (1861-1939) इन दो वैज्ञानिकों ने आयन मंडल की उपस्थिति की बात कही जिसके सीधे पर्यवेक्षण इंग्लैंड के ई. डब्ल्यू. एपिल्टन व अन्य वैज्ञानिकों ने सन् 1924 में किये। यह पाया गया कि आयनित पर्तें धरती के चहुंओर आधे से अधिक दूरी तक 3 से 30 मेगा हट्र्ज तक लघुतरंग आवृतियां भेज सकती हैं। यह भी पाया गया कि ये आवृतियां और अधिक चैनल भी वहन कर सकती हैं (चित्र–7)।

रेडियो तरंगों की प्रकृति

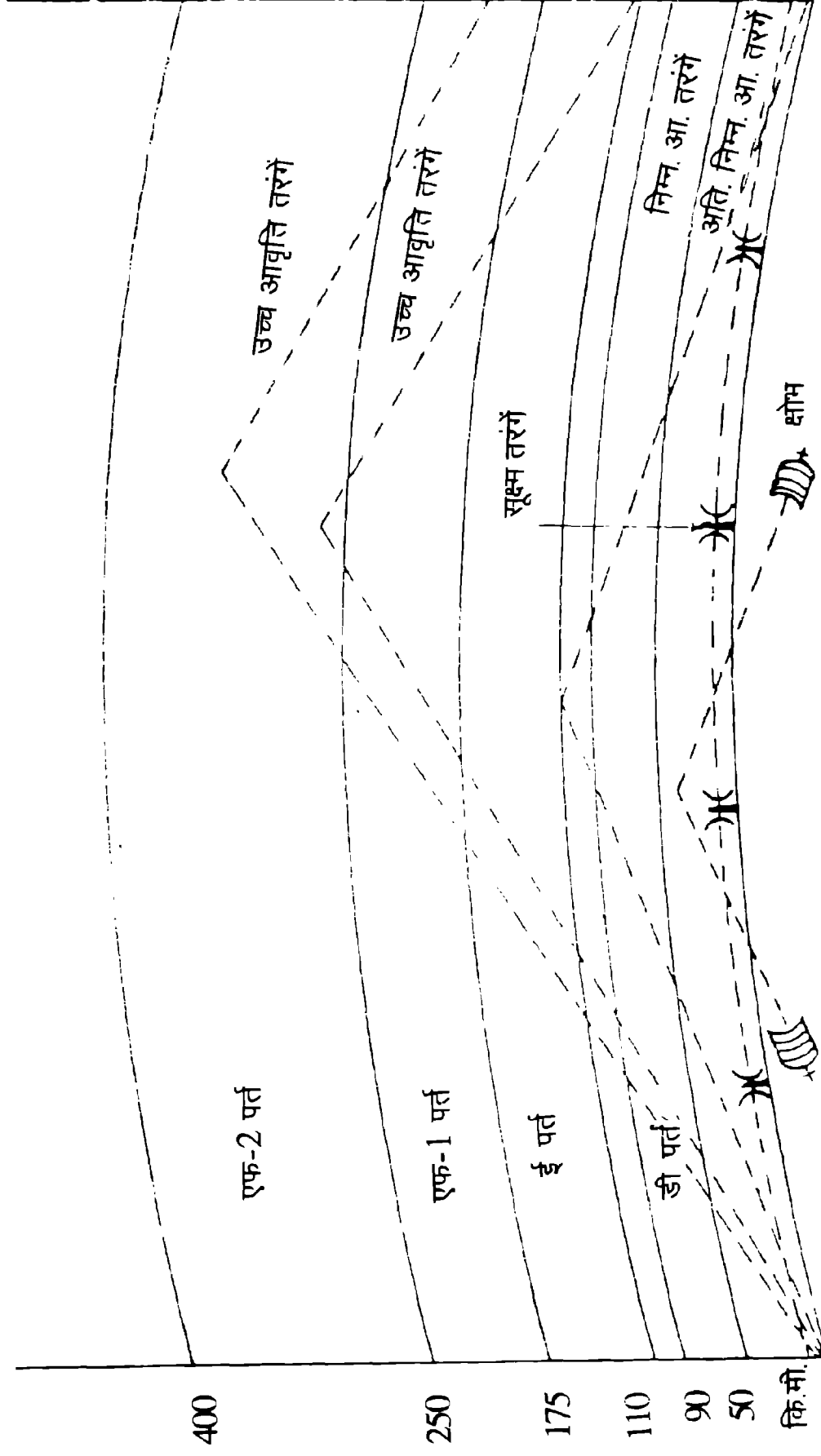
रेडियो तरंगों की प्रकृति कदाचित सागर की लहरों की गति की तरह है। एक के बाद दूसरी आने वाली लहरों के बीच की दूरी 'तरंग दैर्घ्य' कहलाती है जिसे मीटरों में नापा जाता है। सामान्यतया एक सेकेंड में किसी निश्चित बिंदु से गुजरने वाली लहरों की संख्या आवृति कहलाती है जिसे हट्र्ज या प्रति सेकेंड साइकिल में नापा जाता है।

रेडियो तरंगें विद्युत गति यानी प्रति सेकेंड 30 करोड़ मीटर की गति से आगे बढ़ती हैं। यदि दो तरंग दैर्घ्यों के बीच 30 मीटर की दूरी है तो एक निश्चित बिन्दु से गुजरने वाले तरंग दैर्घ्यों की संख्या एक सेकेंड में 1 करोड़ अर्थात् 10 मेगा हट्र्ज की आवृति होगी। एक को दूसरे में बदलने का नियम यह है कि जो हमें ज्ञात है (मीटर या मेगा हट्र्ज) उससे 300 को विभाजित करें।

उदाहरणार्थ,

15.07 मेगा हट्र्ज $\dfrac{300 \text{ मीटर}}{15.07}$ = 19.91 मीटर

31.88 मीटर $\dfrac{300 \text{ मेगा हट्र्ज}}{31.88}$ = 9.41 मेगा हट्र्ज

आयन मंडल के करिश्मे की सराहना होने लगी। सूरज की धूप से आयनित पर्तें उत्पन्न होती हैं और ये पर्तें विभिन्न आवृतियों की तरंगों को प्रतिबिंबित करती हैं।

चित्र-7 : 'क. आयन मंडल जो विभिन्न आवृतियों की रेडियो तरंगों को परावर्तित करता है, दीर्घ तरंगें निम्न भाग से प्रतिबिंबित होती हैं जबकि लघु तरंगें ऊपरी पर्तों से टकराकर वापस आती हैं। उच्च आवृति तरंगें 'लाइन ऑफ साइट' पथों का अनुसरण करती हैं, जिन्हें एक टॉवर से दूसरे टॉवर तक प्रतिबिंबित करने की आवश्यकता होती है। वायुमंडल का निम्नतम भाग जिसे क्षोभमंडल कहते हैं, उन भागों पर जहां रिपीटरों का प्रयोग कारगर नहीं है, ट्रोपोस्कैटर संपर्कों की स्थापना में सहायक होता है।

यदि तरंग की आवृति बहुत उच्च है तो वह आयनित पर्तों से होकर गुजर सकती है और यदि यह उपयुक्त आवृति और कोण पर है तो तरंगें कुछ दूरी पर उपलब्ध होंगी। दूसरी ओर यदि आवृति अत्यंत निम्न है तो वह आयनित पर्तों में ही समाविष्ट होकर रह जाएगी। कुछ थलीय तरंगें भी होती हैं जिनका विस्तार केवल कुछ किलोमीटर तक ही होता है।

आयन मंडल कोई निर्धारित चीज नहीं है। इसकी स्थिति दिन में, रात में, और महीनों में भिन्न-भिन्न होती है। अधंकार के समय की अपेक्षा दिन के समय इसका घनत्व अधिक होता है। दिन के समय मौजूद आयन मंडल की निम्नतम पर्त मीडियम वेव बैंडों को बहुत अधिक क्षीण कर देती है। इस प्रकार आवृतियों का और संप्रेषण के कोण का चयन महत्वपूर्ण होता है।

जैसा कि नीचे दी गयी तालिका से पता चलता है, विभिन्न उद्देश्यों के लिए अलग अलग रेडियो बैंडों का इस्तेमाल होता है। (परिशिष्ट 1 भी देखें)

बैंड	*आवृत्ति*	*उपयोग*
स्वर आवृति	300-3,000 हट्‌र्ज	बहुत अधिक दूरी वाले संचार
अ. नि. आवृति	3-30 कि. हट्‌र्ज	प्रसारण, रेडियो नैविगेशन
म. आवृत्ति	300-3,000 कि. हट्‌र्ज	प्रसारण
अ. उ. आवृति	30-300 मेगा हट्‌र्ज	एफ. एम. प्रसारण, चलित रेडिया टी. वी., रेडियो नैविगेशन
अव्य. उ. आवृति	300-3,000 मेगा हट्‌र्ज	टी. वी., चलित रेडियो, राडार, रेडियो नैविगेशन
उ. आवृति	3-30 जी. हट्‌र्ज	मल्टी चैनल टेलीफोनी, राडार, उपग्रह संचार

भारत में ध्वनि प्रसारण के लिए प्रयोग होने वाले अंश निम्न प्रकार हैं :

नि. आवृति	150-280 कि. हट्‌र्ज
मध्यम आवृति	525-1,605 कि. हट्‌र्ज
उ. आवृत्ति (लघु तरंगें, केवल कुछ अंश)	3-30 कि. हट्‌र्ज
अति. उच्च आवृति	98-102 मे. हट्‌र्ज तथा 106-108 कि. हट्‌र्ज

किसी प्रसारण की प्रभावोत्पादकता, ट्रांसमीटरों के बीच पारस्परिक व्याघात, शोर तथा रेडियो तरंगों की प्रसारण विशेषता पर निर्भर करती है। बादलों की गर्जन, आंधी और तूफान तथा विद्युत उपकरणों से उत्पन्न होने वाले कृत्रिम व्याघात, शोर उत्पन्न करते हैं। निम्न, मध्यम तथा उच्च आवृतियां राष्ट्रीय सीमाओं को पार कर लेती हैं, अतः इन्हें अन्य ट्रांसमीटरों से होने वाले व्याधात को दबाने के लिए पर्याप्त शक्तिशाली होना चाहिए। रेडियो तरंगों की प्रसारण विशेषता आवृतियों पर निर्भर करती है। निम्न आवृति तरंगें काफी दूरी तक जमीन के साथ साथ आगे बढ़ती हैं लेकिन अब दूरसंचार संघ द्वारा इसके प्रयोग की अनुमति दिये जाने पर भी इस बैंड में प्रयोग के लिए बहुत ही कम चैनल होते हैं। मध्यम तरंगें दिन के समय सैकड़ों किलोमीटर की यात्रा करती हैं और रात के समय लंबी दूरी तय करके आयन मंडल द्वारा प्रतिबिंबित होती हैं। लघु तरंगें आयन मंडल द्वारा संप्रेषित होती हैं और एंटेनाओं द्वारा विविधता उत्पन्न करके लक्ष्य क्षेत्रों को पृथक करते हुए इन्हें लंबी दूरी तक प्रभावी बनाना सुनिश्चित किया जाता है। आयन मंडल की लहरों की विश्वसनीयता सुनिश्चित करने हेतु एक परिपथ के लिए एकाधिक आवृति के प्रयोग की जरूरत होती है।

एक ही आवृति पर प्रचालित होने वाले अथवा एक दूसरे के अति समीप ट्रांसमीटरों के पारस्परिक व्याघात को रोकने के लिए सावधानीपूर्ण आयोजना करना आवश्यक है। अवांछित ट्रांसमीटर के संकेतों के, प्रभावित ट्रांसमीटर के संकेतों से काफी क्षीण होने पर भी व्याघात तो होगा। इस व्याघात की मात्रा, ट्रांसमीटरों की सापेक्ष क्षमता, उनके बीच की दूरी, आवृति तथा दिन के समय, मौसम, सूर्य-धब्बों की संख्या और अन्य संबंधित तत्वों जैसे अनेक कारणों पर निर्भर करती है।

सामान्यतया मध्यम आवृति तथा निम्न उच्च आवृति, उच्च आवृति (लगभग 5 मेगा हट्‌र्ज से कम) में दिन के समय व्याघात नहीं के बराबर होता है, बशर्ते ट्रांसमीटर एक दूसरे के बहुत समीप न हों या उनमें से एक ट्रांसमीटर अधिक क्षमता का न हो। 12 मे. हट्‌र्ज या इससे अधिक की उच्च आवृतियों पर दिन के समय भी व्याघात महसूस होता है। रात के समय आकाशतरंगों का प्रसारण अच्छा होने के कारण मध्यम आवृति बैंडों में, दूर स्थित ट्रांसमीटरों से व्याघात उत्पन्न होता है।

इन उदाहरणों को देखने से पता चलता है कि रेडियो स्पेक्ट्रम एक सीमित प्राकृतिक साधन है जिसका प्रयोग प्रसारण सहित अनेक प्रकार की दूरसंचार प्रणालियों के लिए होता है। अतः अंतर्राष्ट्रीय दूरसंचार संघ समुचित रेडियो विनियमों के साथ साथ तकनीकी और प्रचालन मानकों का निर्धारण भी करता है। सन् 1959 में जेनेवा में विश्व प्रशासनिक रेडियो सम्मेलन ने* प्रसारण के लिए उच्च आवृति (एच. एफ.)

* दि वर्ल्ड एडमिनिस्ट्रेटिव रेडियो कॉन्फ्रेन्स (डब्ल्यू. ए. आर. सी.-59)

बैंडों में आवृतियों के समन्वय के लिए विस्तृत प्रक्रिया निर्धारित की थी। इसमें वर्ष में चार बार उ. आवृति प्रसारण संबंधी अनुमानित कार्यक्रम तैयार करने और साथ ही कार्यक्रम के लागू होने के दौरान सुधार हेतु, अंतर्राष्ट्रीय समन्वय के कार्य शामिल हैं। इससे उ. आ. बैंड पर प्रसारण में सुधार की दिशा में काफी सहायता मिली है।

एक अन्य बड़े सम्मेलन वार्क -79 (डब्ल्यू ए. आर. सी.-79) में सारे देशों द्वारा रेडियो स्पेक्ट्रम के और अधिक समान रूप से प्रयोग संबंधी विषयों का हल निकालने के लिए कुछ विषयों पर प्रस्ताव पारित किये गये।

अंतर्राष्ट्रीय समन्वय

तथापि पिछले दशक में, समूचे विश्व में अधिक क्षमता वाले ट्रांसमीटरों की संख्या में वृद्धि होने से मध्यम आवृतियों के समन्वय का कार्य और जटिल हो गया। यही नहीं इस समय विश्व के अनेक क्षेत्रों में चैनल अंतर एकरूप नहीं है। क्षेत्र संख्या 3 में जिसमें भारत भी आता है, समूचे मध्यम आवृति बैंड में, चैनल अंतर 10 कि. हट्र्ज था। क्षेत्र संख्या 1 में, जिसमें यूरोप और अफ्रीका शामिल हैं, बैंड के अंश विशेष के अनुरूप यह चैनल अंतर 8,9 और 10 कि. हट्र्ज था जिसके परिणामस्वरूप म. आवृति बैंड में ट्रांसमीटरों के परिचालन में परस्पर अत्यधिक व्याघात उत्पन्न होने लगा।

क्षेत्र संख्या 1 और क्षेत्र संख्या 3 में प्रसारण के लिए निम्न और मध्यम आवृतियों के संदर्भ में, सन् 1974-75 में एक क्षेत्रीय प्रशासनिक रेडियो सम्मेलन* आयोजित हुआ और सन् 1978 से लागू करने हेतु पहली बार एक सम्मत आवृति योजना तैयार की गई।

* रीजनल एडमिनिस्ट्रेटिव रेडियो कॉन्फ्रेन्स

4

प्रकाश का रहस्य

न जाने कब से, सूचना संप्रेषण के लिए प्रकाश के प्रयोग के विचार ने मनुष्य को मुग्ध कर रखा है। युद्ध और शांति के दिनों में वह अलाव जलाकर या टार्च द्वारा संकेत भेजने का काम करता था। लेकिन सूचना संप्रेषण हेतु प्रकाश के उपयोग के जरिए अधिक परिष्कृत और सुधरा हुआ तरीका प्रकाश के अधिकाधिक वैशिष्ट्य की खोज के बाद ही उभर कर सामने आया।

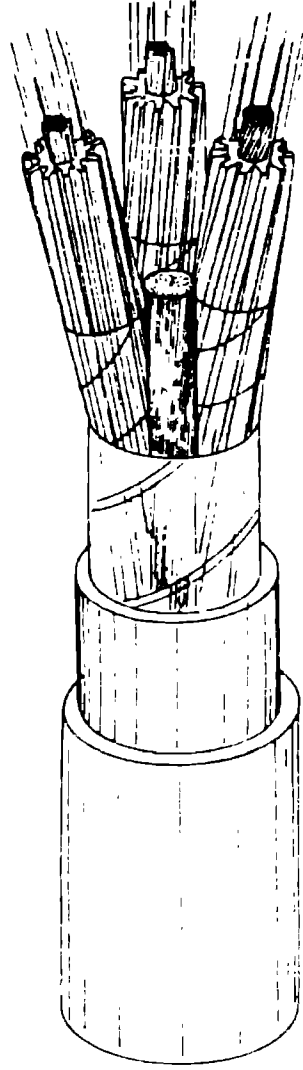
कुछ वैज्ञानिकों की धारणा थी कि प्रकाश, कणों से विरचित है। न्यूटन ने रंगावली की सहायता से प्रयोग करके दिखाया कि वास्तव में श्वेत प्रकाश सात वर्णक्रमी रंगों का संगम है, जिससे इस विचार का समर्थन हुआ कि छोटे छोटे कणों से प्रकाश की रचना होती है। आखिरकार, प्रकाश पानी में आगे चलने पर धीमा हो जाता है। किंतु कुछ प्रश्न अनुत्तरित ही रह गये। एक ही रंग एकाधिक रंग क्यों विकीर्ण करता है? प्रकाश तरंगों से विरचित है और विभिन्न रंगों के विभिन्न तरंग दैर्घ्य होते हैं यह विचार डच भौतिक विज्ञानी क्रिश्चियन हूगेनस ने सुझाया। किंतु तब यह समझ पाना एक रहस्य ही था कि प्रकाश की तरंगें सूर्य से निर्वात अंतरिक्ष तक कैसे गमन करती हैं। फ्रांस के एक भौतिक विज्ञानी ए. जे. फ्रेसनेल (1788-1827) ने यह दर्शाकर तरंग सिद्धांत के प्रति विश्वास अर्जित किया कि कुछ परिस्थितियों में प्रकाश की तरंगें किसी वस्तु के चारों ओर किस प्रकार झुक जाती हैं। जर्मनी के एक भौतिक विज्ञानी मैक्स प्लांक (1850-1947), ने 'क्वांटा' नाम से जानी जाने वाली निस्सरण की पृथक इकाई के रूप में प्रकाश की कल्पना की। इस विचार ने एलबर्ट आइंस्टाइन (1879-1955) का ध्यान आकर्षित किया जिसका कहना था कि प्रकाश 'फोटोन' की भांति भ्रमण करता है, जिसमें कण एवं तरंग दोनों की विशेषता है। इसी बीच मैक्सवेल ने विद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम के अंश के रूप में प्रकाश से संबद्ध विचारधारा को स्पष्ट किया था।

सामान्यतया प्रकाश शब्द विद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम के एक भाग के लिए प्रयुक्त होता है, जो 400 से 700 नॅनोमीटर (एक मीटर का अरबवां हिस्सा) के तरंग दैर्घ्य

में विविधतापूर्ण होता है। प्रेषण के उद्देश्य से स्पेक्ट्रम में अपेक्षाकृत अधिक विस्तृत क्षेत्र को ध्यान में रखा जाता है जिसमें अवरक्त क्षेत्र भी शामिल रहता है। उदाहरण के लिए, 850 नॅ. मी. या 1,500 नॅ. मी. अथवा लगभग इससे भी अधिक के अवरक्त क्षेत्र में कतिपय वातायनों को चुना जा सकता है। विगत कुछ वर्षों से लघु तरंग से दीर्घ तरंग में परिवर्तन की ओर रुझान रहा है।

स्पेक्ट्रम के अवरक्त भागों के प्रयोग के संदर्भ में अर्धचालकों के विकास की प्रतीक्षा करनी होगी। विद्युत स्पंदन को अवरक्त प्रकाश स्पंदन में बदलने के लिए एक युक्ति आवश्यक थी और उसे पुनः विद्युत में परिवर्तित करने के लिए एक अन्य की आवश्यकता थी। ट्रांजिस्टर प्रौद्योगिकी के विकास ने इन युक्तियों की उपलब्धि संभव कर दी। कतिपय अर्धचालक डायोड से होकर जब विद्युत करेंट गुजरता है तो वे प्रकाश विकिरित करते हैं। इन्हें प्रकाश विकीर्णक डायोड कहते हैं जिनमें से कुछ को, एक सेकेंड में एक करोड़ से भी अधिक बार 'चालू और बंद' किया जा सकता है। गेलियम आर्सेनाइड से निर्मित प्रकाश विकीर्णक डायोड अवरक्त भाग में प्रकाश विकीर्ण करता है। प्रकाश संसूचक प्रकाश विकीर्णक डायोड से सर्वथा उल्टा होता है। यह अपने ऊपर पड़ने वाले प्रकाश के अनुरूप विद्युत करेंट प्रवाहित करता है। प्रकाश के स्पंदन में परिवर्तित होने के बाद विद्युतीय संकेतकों को संचारित किया जा सकता है।

प्रकाशक विकीर्णक डायोड द्वारा प्रस्तुत प्रकाश चूंकि थोड़ी देर तक प्रसारित होने के बाद फैलता है अतः यह सुनिश्चित करने के लिए कि प्रकाश की संकुचित किरण अधिक न फैले, किसी युक्ति की खोज की गयी और यह युक्ति है विकिरण के उद्दीप्त निस्सरण द्वारा प्रकाश संवर्द्धन के लिए परिवर्णी शब्द। प्रथम लेसर की रचना सन् 1960 में अमरीकी भौतिक विज्ञानी थियोडोर मैमन (जन्म–1927) द्वारा की गयी। इसके मूलभूत सिद्धांत एक अन्य अमरीकी वैज्ञानिक चार्ल्स टॉन्स (जन्म–1915) द्वारा सन् 1953 में अनुप्रयुक्त सिद्धांत पर आधारित थे। लेसर द्वारा उत्पन्न प्रकाश इतना शुद्ध होता है कि यह शीघ्रता से फैलता नहीं है। इस प्रकाश को जब चन्द्रमा पर केंद्रीभूत किया गया जो 4 लाख किलोमीटर की यात्रा करके वहां केवल 800 मीटर तक ही फैल पाया। इसके अलावा लेसर प्रकाश सूक्ष्म तरंग की तुलना में कहीं अधिक तेजी से चालू और बंद किया जा सकता है। इस प्रकार इसकी विपुल क्षमता का प्रयोग करते हुए, आधार सामग्री की द्विआधारी बिटें प्रेषित की जा सकती हैं। किंतु लेसर किरणें वर्षा से, बर्फ और बादलों से अवरूद्ध हो सकती हैं। यहां तक कि राह में तापमान की विभिन्नता भी इसके प्रसार पर प्रतिकूल असर डाल सकती है। लेसर बीम कोणों पर मुड़ भी नहीं सकते। इसलिए यदि लेसर या लेड से निःसृत प्रकाश को व्यवहार में लाने हेतु एक नली या छोटा सा तरंग निदेशक आवश्यक होता है। इसका इलाज

प्रकाशकीय फाइबर्स है जो शीशे से बना बाल की तरह पतले रेशों का होता है। इससे दूरसंचार के क्षेत्र में (चित्र-8) एक मौन क्रांति प्रारंभ हुई।

चित्र-8 प्रकाशीय तंतु : यह अधुनातन संप्रेषण माध्यम है जो सूचना को प्रकाश तरंगों के समान ले जाता है। प्रकाश की आवृत्ति प्रयोग में आ रहे सूक्ष्म तरंग बैंड की तुलना में 1,000 गुना से अधिक है। बाल-सा बारीक तंतु, जो अनिवार्यतः प्रकाश के मार्ग दर्शनार्थ वृत्तात्मक तरंग गाइड है, दूरसंचार परियात को संभालने हेतु बेहद क्षमता से युक्त है।

दूरदर्शन का प्रादुर्भाव

इस खोज से कि, बिंबों की प्रकाश तरंगें, उनके द्वारा जिस चीज का प्रतिनिधित्व होता है, को पुनः उपलब्ध करवाने हेतु, सूक्ष्म तरंगों के रूप में प्रेषित की जा सकती हैं, दूरदर्शन का विकास हुआ।

यद्यपि निश्चल चित्रों को प्रेषित करने की तकनीक का ज्ञान उपलब्ध था तथापि इसके पूर्व कि दूरदर्शन प्रसारण वास्तविकता का रूप ले, अनेक परिवर्तन और विकास होने अपेक्षित थे।

फोटो इलेक्ट्रिक सेल पर पूरे प्रकाश को प्रक्षेपित करने के बजाय इसके अंशों का अनुवर्ती ढंग से परीक्षण करने पर पाया गया कि चित्र परिचय काफी अच्छा आयेगा।

इसके लिए निश्चित रूप से सेल छोटे होने चाहिए तथा अवलोकक फुर्तीला होना चाहिए। ग्राह्य छोर के अवलोकक को ट्रांसमीटर के साथ समकालिक होना चाहिए।

इस क्षेत्र में मौलिक योगदान देने वाले व्यक्ति का नाम पॉल निपकोव (1860-1940) था। उनकी लेंसयुक्त छिद्रित कुंडलित स्केनिंग डिस्क की सहायता से चित्र के बिंब को बिंदु संप्रेषित करने में इंजीनियर समर्थ हो सके। एक फोटो विद्युत सेल ने प्रकाश को विद्युत संकेतों में बदला।

कांस्टेटिन सेनलैक (1842-1934) नामक फ्रांसिसी ने सन् 1880 में सेलेनियम सेल की घूमने वाली डिस्क का प्रयोग करते हुए एक आविष्कार किया। अपने जीवन के अंतिम दिनों में, वे अंधे हो गये और संप्रेषित प्रथम दूरदर्शन चित्रों को नहीं देख सके।

सन् 1897 में ब्रिटेन में जे. जे. थॉमसन (1856-1940) ने इलेक्ट्रॉन की खोज की जो ऋणात्मक चार्ज की लगभग पूर्णतया भारहीन इकाई है। जर्मनी में सी. एफ. ब्राउन ने कैथोड किरण (इलेक्ट्रॉन) नलिका का आविष्कार किया।

सन् 1906 में म्युनिख में एम. डीकमैन ने ब्राउन की कैथोड किरण नलिका पर आधारित इलेक्ट्रॉन कैमरा, इलेक्ट्रॉन प्रोजेक्टर और काइनस्कोप विकसित किया। रूस में बोरिस रोजिंग ने कुछ चित्रों के संप्रेषण का प्रदर्शन किया। उनकी नजरबंदी शिविर में मृत्यु हो गयी, किंतु उनके शिष्य वी. के. जोरीकिन बचकर सं. रा. अमरीका चले गये। जोरीकिन ने प्रथम व्यावहारिक पिक्चर ट्यूब विकसित की। सन् 1929 में उन्होंने न्यूर्याक में चित्रों को इलेक्ट्रॉनिक स्केनिंग द्वारा दिखलाया कि छोटे छोटे फोटो विद्युत सेल, स्केनों के बीच के चार्ज को जमा कर सकते हैं। जोरीकिन ने इंग्लैंड के ए. ए. कैंपबैल स्विन्टन, द्वारा सन् 1908 में 'नेचर' में, ट्रासंमीटर के लिए फोटोविद्युत सेल के मोजक युक्त कैथोड किरण के प्रयोग के संबंध में लिखे गये विचारों से भी प्रेरणा ली।

इस समय तक, लंदन में दूरदर्शन का प्रथम व्यावहारिक प्रदर्शन हो चुका था। 27 जनवरी 1926 को स्कॉटलैंड के इंजीनियर जॉन लोगी बेअर्ड (1888-1946) दूरदर्शन उपलब्ध कराने वाले प्रथम व्यक्ति थे। उन्होंने बात करते हुए एक व्यक्ति के चित्र का एक कक्ष से दूसरे कक्ष में संप्रेषण का प्रदर्शन वैज्ञानिकों के समक्ष किया। सन् 1928 में, उसने अटलांटिक पार दूरदर्शन संकेतों को भेजने के लिए रेडियो तरंगों का इस्तेमाल किया। न्यूयार्क में लोगों ने लंदन के एक कक्ष में कुछ लोगों को देखा। लगभग इन्हीं दिनों पहला व्यावसायिक 'टी. वी. रिसीवर' जनता को दिखलाया गया। सन् 1929 में ब्रिटिश ब्रॉडकास्टिंग कॉर्पोरेशन ने बेअर्ड को अपने ट्रांसमीटर

के इस्तेमाल की सुविधा प्रदान कर दी। दूरदर्शन में ध्वनि का समावेश एक वर्ष बाद हुआ। प्रति सेकेंड 12 ½ चित्र संप्रेषित किये गये और प्रत्येक चित्र में स्केनिंग की 30 रेखाएं थीं। इंजीनियरों के दिमाग में यह विचार आया कि यदि प्रति सेकेंड अधिक रेखाएं स्केन हो सकें तो चित्रों में सुधार हो जायेगा।

बेअर्ड के आविष्कार का उपयोग घुड़दौड़, कुछ मनोरंजक कार्यक्रम यहां तक कि समाचार पत्र साक्षात्कार के प्रेषण के लिए होता रहा। निपकोव की डिस्क के स्थान पर एक दर्पण-ड्रम लगाया गया और फोटो विद्युत सेलों में भी सुधार किया गया। सन् 1932 में बेअर्ड ने दूरदर्शन संकेतों के संप्रेषण के लिए लघु तरंगों के प्रयोग का प्रदर्शन किया। यह बेअर्ड का दुर्भाग्य रहा कि डाकघर ने संप्रेषण के लिए दूसरी पद्धति का प्रयोग करना पसंद किया क्योंकि उससे अधिक रेखाएं स्केन की जा सकती थीं। इलेक्ट्रॉन किरणें किसी भी अन्य यांत्रिक युक्ति से कहीं अधिक तीव्र गति से आगे बढ़ती थीं और एक सेकेंड में 400 रेखाएं स्केन करके 25 चित्र प्रस्तुत किये जा सकते थे।

मूलतः दूरदर्शन कैमरा, किसी दृश्य के परिवर्तनशील प्रकाश की प्रगाढ़ता को वीडियो संकेत में परिवर्तित करता है। दृश्य, जो कि इलेक्ट्रॉन किरण द्वारा क्रमवीक्षित होता है, को सतह पर संकेंद्रित किया जाता है। एक प्रणाली में पूरा फ्रेम या चित्र बनाने वाली 625 रेखाओं को क्रमवीक्षित किया जाता है। एक चित्र में दो अंतर्ग्रंथित क्षेत्र होते हैं। पहले हर दूसरी रेखा को स्केन किया जाता है, उसके बाद छूटी हुई रेखाओं को अंतर्ग्रंथित किया जाता है। इस प्रणाली में, 50 क्षेत्र या 25 चित्र प्रति सेकेंड संप्रेषित किये जाते हैं।

संग्रथित वीडियो संकेत में ट्रांसमीटर को चित्र की पुनर्रचना के लिए समर्थ बनाने हेतु चित्र का पुर्जा (चमक एवं विवरण) तथा समक्रमिक संकेत रहते हैं। चित्र संकेत का वोल्टेज अधिकतम और शून्य रंग विन्यास मूल्यों के प्रतिनिधित्व करने वाले दो संदर्भ स्थलों के बीच बदलता है।

रिसीवर पर, एक अन्य इलेक्ट्रॉन किरण फॉस्फर सुग्रहित चित्र ट्यूब पर वही प्रतिकृति अंकित करती है। आने वाला वीडियो संकेत इलेक्ट्रॉन किरण की प्रगाढ़ता को मॉडुलित कर देता है।

रंगीन दूरदर्शन में लाल, हरे, और नीले तीन कैमरे होते हैं। जो कि दूरदर्शन प्रसारण के लिए प्राथमिक रंग हैं। वीडियो संकेत में रंग सूचना जोड़ दी जाती है। रिसीवर छोर पर प्रत्येक रंग के लिए असंख्य बिंदुओं से आच्छादित, प्रकाश विकीर्ण करने वाले तीन प्रकार के फॉस्फर रहते हैं जो ढेर सारे बिंदुओं से आच्छादित रहते

हैं और प्रत्येक एक रंग के लिए होता है। प्राप्त संकेत उसके संघटक में विकूटित किया जाता है तथा तीन स्वतंत्र इलेक्ट्रॉन किरणों को मॉडुलित किया जाता है। प्रत्येक किरण एक प्रकार के रंगीन बिंदुओं पर प्रभाव छोड़ती है। वीडियो संकेत का रंगीन संघटक में आधारभूत रंग संसूचना तथा श्वेत रंग में उसके मिश्रण की मात्रा की सूचना उपलब्ध रहती है।

वीडियो संकेत विद्युत चुंबकीय तरंग के रूप में 'टी. वी.' टावर से प्रेषित किया जाता है, जिसमें उद्देश्यपूर्ति के लिए द्विध्रुव व्यूह उपलब्ध रहता है। रिसीवर छोर पर एंटेना का दस गुना लाभ होता है। यदि प्राप्ति छोर पर संकेत क्षीण हो तो जटिल सरंचना वाला एंटेना अपेक्षित है। एक सौ मीटर वाला टी. वी. टावर 60 किलोमीटर की परिधि के क्षेत्र में, प्रभावपूर्ण होता है। सुदूरवर्ती स्थानों के बीच स्थल से स्थल तक के आधार पर दूरदर्शन संकेतों को संप्रेषित करने के लिए सूक्ष्म तरंग का प्रयोग होता है। राष्ट्रीय स्तर पर बहुबिंदुक प्रसारण के लिए कृत्रिम उपग्रह का प्रयोग होता है।

दूरसंचार इंजीनियर की भूमिका, दूरदर्शन प्राधिकारियों द्वारा उसे दिये गये कार्यक्रम को संप्रेषित करने की है। यह कार्यक्रम एक सीमा तक किंतु दूरी वाले स्थानों के लिए टेलीफोन एवं अन्य संदेशों के साथ चौड़े बैंड की सूक्ष्म तरंग लाइनों द्वारा कोएक्सियल केबिल पर संप्रेषित किये जा सकते हैं। तथापि यदि दूरदर्शन कार्यक्रम के लिए पर्याप्त संप्रेषण क्षमता का प्रावधान नहीं किया जाए तो यह कई सौ टेलीफोन वार्ताओं को अवरुद्ध कर संचार हाइवे का एक काफी बड़ा भाग घेर लेगा।

5

अद्भुत चिप

आधुनिक दूरसंचार प्रणाली कंप्यूटर पर इस हद तक निर्भर करती है कि लोगों को आश्चर्य होने लगा है कि क्या वास्तव में ये दोनों प्रणालियां परस्पर सर्वथा भिन्न हैं। सभी सूचना–स्वर, डाटा अथवा वीडियो–अंकों में परिवर्तित करके अंकों में ही प्रेषित की जाती हैं। द्विआधारी प्रणाली जिसमें सभी संख्याओं का प्रतिनिधित्व कई 'एक' और कई 'शून्य' द्वारा किया जाता है, दूरसंचार और कंप्यूटर के अनुकूल पड़ती है क्योंकि सूचना सदृश्य विद्युत संकेतों की उपस्थिति या अनुपस्थिति द्वारा पहचान ली जाती है।

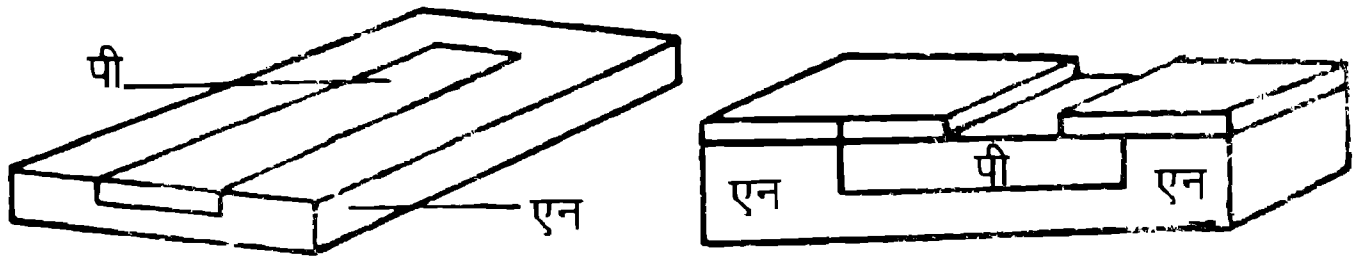
संख्या की गणना में काम आने वाले यांत्रिक साधन लंबे अर्से से प्रयुक्त हो रहे हैं। गिनतारा और फिसलन नियम ऐसे साधनों के अच्छे उदाहरण हैं। एक अंग्रेज चार्ल्स बॅब्बेज (1791-1871) की यांत्रिक मशीन, विद्युत परिपथों और चुंबकीय प्रसारणों का उपयोग करते हुए स्वगणना करती थी, हालांकि यह युक्ति काफी बोझिल थी।

सन् 1948 में हुए एक आविष्कार ने अद्भुत ढंग से दुनिया बदल दी। यह आविष्कार था ट्रांजिस्टर का जिसे जॉन बर्दी, विलियम शॉकले तथा वाल्टेयर ब्रत्तें नामक तीन वैज्ञानिकों ने बैल प्रयोगशाला में विकसित किया। मूलतः यह विद्युतीय वाल्व है जो विद्युतीय संकेतों को तीव्र करने या फिर उन्हें परिवर्तित करने के काम में आता है। इसने जल्दी ही दूरसंचार में तथा अन्य विभिन्न प्रयोगों में 'फ्लेमिंग ट्यूब' का स्थान ले लिया।

दुनिया में, ऑक्सीजन के बाद सिलिकॉन दूसरी ऐसी चीज है जो उपेक्षित है। हालांकि वह अपने शुद्ध रूप में उपलब्ध नहीं होती। सिलिकॉन न तो विद्युत का अच्छा सुचालक है और न ही अच्छा रोधी है (इसीलिए यह अर्धचालक के रूप में जाना जाता है)। यह मिलावटी तत्वों की उपस्थिति अथवा अनुपस्थिति दोनों के प्रति संवेदनशील है।

मौलिक तकनीक

किसी भी धातु में से या तो विद्युत करेंट गुजरता है या नहीं गुजरता। कुछ धातुएं ऐसी होती हैं जिनमें से विद्युत करेंट गुजरता तो नहीं है किंतु यदि उस पर मिलावटी तत्वों का लेप चढ़ा दिया जाये तो उसमें से विद्युत करेंट गुजरने लगेगा। जर्मेनियम या सिलिकॉन ऐसी ही धातुओं में आता है और उन पर हरताल (आर्सनिक) या इंडियम और ऐसी ही कुछ मिलावटी चीजों की छोटी मात्रा का लेप चढ़ाया जा सकता है। मिलावट वाली चीजों से किसी धातु की विद्युतीय विशेषताएं परिवर्तित हो जाती हैं, अर्धचालकों का यही आधार है।

इलेक्ट्रॉनों के निर्बाध प्रवाह को प्रवाहित होने देने की किसी वस्तु की क्षमता उसकी आणविक संरचना पर निर्भर करती है। उदाहरण के लिए तांबा और सोना सुचालक हैं । उसमें अणु ढीले या बिखरे ढंग से गुंथे रहते हैं इसलिए उनमें इलेक्ट्रॉन स्वतंत्र रूप से विचरण कर सकते हैं। जब अणु के बाहरी दायरे में इलेक्ट्रॉनों की संख्या उनके लिए संभव अधिकाधिक स्थान से कम होती है, तब ये 'मुक्त' (या संयोजक) इलेक्ट्रॉन कहलाते हैं। सिलिकॉन और जर्मेनियम में उनके अणुओं में चार 'मुक्त' इलेक्ट्रॉन होते हैं। इलेक्ट्रॉन सिलिकॉन के अणुओं को परस्पर संयोजित करते हैं जब सिलिकॉन का कोई अणु उसके दूसरे अणु से घिर जाता है तो प्रत्येक एकल आठ इलेक्ट्रॉनों से घिरा हुआ प्रतीत होता है और ऐसी उपलब्ध क्रिस्टल संरचना काफी टिकाऊ होती है, जो विद्युत करेंट को तब तक प्रवाहित नहीं होने देती जब तक कि टिकाऊ इलेक्ट्रॉन बाधित नहीं हो जाते। यदि हम चाहते हैं कि विद्युत करेंट सुगमता से प्रवाहित हों तो हमें चाहिए कि हम सिलिकॉन क्रिस्टल को फॉस्फोरस और बोरोन से लेपित करें। यदि फॉस्फोरस, जिसमें पांच इलेक्ट्रॉन होते हैं, में सिलिकॉन अणु (जिसमें चार इलेक्ट्रॉन होते हैं) शामिल कर दें तो उन्हें संयोजित करने के लिए अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता नहीं पड़ेगी और वह ऋणात्मक चार्ज का होगा। वह निर्बाध रूप से गतिशील रह सकता है और करेंट भी प्रवाहित कर सकता है। फास्फोरस 'एन-टाइप इंप्यूरिटी' है, अर्थात् वह ऋणात्मक चार्ज वाला है। एक अन्य पद्धति से एक बोरोन अणु को जिसमें केवल तीन इलेक्ट्रॉन होते हैं, सिलिकॉन अणु में समाविष्ट किया जाता है तो एक इलेक्ट्रॉन गायब हो जाता है। उसमें एक छिद्र होता है क्योंकि चौथे सिलिकॉन इलेक्ट्रॉन में युग्म बनाने वाला कोई मिलावटी इलेक्ट्रॉन मौजूद नहीं होता। छिद्र होने अथवा एक इलेक्ट्रॉन की अनुपस्थिति का अर्थ होगा कि समीपवर्ती सिलिकॉन एकल का घनात्मक चार्ज तब भी विद्यमान है अतः वह छिद्र भी घनात्मक चार्ज वाला है। बोरोन 'पी-टाइप इंप्यूरिटी' कहलाता है क्योंकि इलेक्ट्रॉन की अनुपस्थिति उसे घनात्मक चार्ज वाला बनाती है। किसी सिलिकॉन क्रिस्टल के

चित्र-9 अभिलक्षक सूक्ष्म इलेक्ट्रॉनिक प्रक्रिया। सिलिकॉन की टिकली की सतह पर दरियानुमा निक्षारण किया जाता है (और अपद्रव्य विसरित हो जाता है) तथा एक 'एन' नुमा क्षेत्र बन जाता है। निक्षारण और अपसरण की पुनरावृति से 'एन पी एन' क्षेत्र बनते हैं जो एक ट्रांजिस्टर को रूपायित करते हैं। 'एन' क्षेत्र से विद्युतीय संपर्क अल्मुनियम चालक के निक्षेपण द्वारा किये जाते हैं। इसमें बायीं ओर एक डायोड और दायीं ओर ट्रांजिस्टर है।

आधे भाग को पी-टाइप इंप्यूरिटी और आधे भाग को एन-टाइप इंप्यूरिटी से लेपित करने पर पी-एन जंक्शन बनता है और उसमें से विद्युत करेंट प्रवाहित कराया जा सकता है। पी-एन जंक्शन ट्रांजिस्टरों का आधारभूत निर्माण खंड (चित्र 9) है। ट्रांजिस्टरों के अलावा अन्य घटकों का भी निर्माण हो सकता है। ट्रांजिस्टर संकेतों को विस्तारित करता है। वह प्रतिरोधक करेंट के स्तर का नियमन करता है, कॅपेसिटर करेंट को जमा करता है और डायोड करेंट को एक ही दिशा में प्रवाहित होने देता है। इस प्रकार यह स्पंदन की उपस्थिति या अनुपस्थिति की सूचना दे सकता है।

संघटित परिपथ

ट्रांजिस्टरों के शुरू के दिनों में हजारों घटकों को हाथ से जोड़ने की समस्या से जूझना पड़ता था। अनेक घटकों वाले परिपथ में उन्हें जोड़ने वाले अनेक टांके वाले संयोजनों की जरूरत पड़ती थी। बहुत बड़ी संख्या की यह समस्या जेंक सेंट क्लेयर किल्बी नामक अमरीकी इलेक्ट्रिकल इंजीनियर ने हल की (यद्यपि रॉबर्ट मॉर्टन मॉयस नामक एक अन्य इंजीनियर ने भी स्वतंत्र रूप से इस समस्या का हल निकाला)। किल्बी ने विभिन्न युक्तियों के बाद में संयोजित करने के बजाय उसके अंतःसंयोजन का एक नवीन तरीका निर्माण प्रक्रिया के एक अंश के रूप में सुझाया।

इस काम के लिए घटकों का लाघवीकरण करके उन्हें एक ही माध्यम में व्यवस्थित करना आवश्यक था। इसके परिणामस्वरूप एक अखंडित संघटित परिपथ (आई सी) या अर्धचालक चिप विकसित हुई। प्रारंभिक ट्रांजिस्टरों से विकसित होकर आधुनिक संघटित परिपथों के आगमन तक सौ आविष्कार हुए। सन् 1960 तक चिपों का बड़े पैमाने पर उत्पादन शुरू हो गया और उनकी विश्वसनीयता और शक्ति सार्वजनिक रूप से स्वीकार की गयी। सन् 1960 के दशक के प्रारंभ में प्रत्येक चिप पर बारह

ट्रांजिस्टर होते थे। एक ही दशक में यह संख्या बढ़कर एक हजार और उससे भी अधिक हो गयी जिसे वृहद् स्तरीय संघटन (एल. एस. आई.) की संज्ञा दी गयी। सन् 1980 के दशक के प्रारंभ में एक ही चिप पर लाखों घटक (अति वृहद् संघटन) समाविष्ट किये गये।

जापान ने दुनिया की पहली 256 के. बिट यादृच्छिक अभिगमन स्मृति (2,56,000 बिट) (रैडम ऐक्सॅस मेमोरी आर. ए. एम.) विश्वास न हो सकने योग्य 6 मिलीमीटर के वर्गाकर क्षेत्र में (6,00,000 परिपथ के घटकों से युक्त) चिप विकसित की जिसमें पहुंच का समय 100 नानोसेकेंड है (एक नानोसेकेंड, एक सेकेंड का एक अरबवां हिस्सा होता है) और ऊर्जा की खपत नहीं के बराबर होती है।

जापान में दस लाख बिट (मेगाबिट) वाली चिप भी विकसित कर ली गयी है जो प्रारंभिक पीढ़ी की चिपों से चार गुनी क्षमता वाली है। प्रत्येक चिप पर समाचार पत्र के चार पृष्ठों जितनी सामग्री समाविष्ट हो सकती है। ऐसी चिपों के विषय में यह भी दावा किया जाता है कि उनमें पहुंच के समय की गति तीव्रतम होती है। यह चिप 70 नानोसेकेंड में सूचना पढ़ सकती है और बहुत से देशों में प्रति परिपथ लागत मूल्य हजार गुना कम हो गया है।

सन् 1960 के दशक के मध्य में चार्ल्स ह्यूज नामक अंग्रेज इंजीनियर ने दूरसंचार के क्षेत्र में सूक्ष्म इलेक्ट्रॉनिक्स के प्रयोग का मार्ग सुझाया (जिससे उसका तात्पर्य था कंप्लेक्स इलेक्ट्रॉनिक्स परिपथों का चिप में निर्माण)। उसने अपनी इस युक्ति को 'मिनी प्रोसेसर' का नाम दिया जो आगे चलकर 'माइक्रोप्रोसेसर' कहलाया। यह एक लघु एकत्रित-प्रोग्रामयुक्त कंप्यूटर है जिसमें मेटल ऑक्साइड अर्धचालक (एम. ओ. एस.) प्रौद्योगिकी का प्रयोग होता है और वृहद्स्तरीय संघटन पद्धति काम में लायी जाती है। स्वयं युक्ति में ही कंप्यूटर प्रोग्राम मौजूद रहता है। केवल पठन स्मृति चिप में युक्तियुक्त प्रोग्रम रहता है, इसमें एक गणितीय यूनिट एवं नियंत्रण होता है। यह बैंकों का रिकार्ड रखने के लिये, एक्सचेंजों और सेवाओं के बीच संकेतन तथा (सिक्कों वाला फोन) की जांच आदि कई प्रकार के प्रचालन करने के लिए तैयार की जा सकती है। अर्धचालक कंपनियों ने संयुक्त राज्य अमरीका में इन विचारों पर कार्य किया और माइक्रोप्रोसेसर्स विकसित किये। लगभग सन् 1960 से ट्रांजिस्टरों और बाद में अंतःसंयोजित परिपथों की उपलब्धि के लिए उत्पादन तकनीकों में काफी ठोस रूप से सुधार हुआ है।

एक नयी कला

आजकल एक नयी कला उभर कर सामने आयी है जिसमें छाया चित्रण तथा भौतिक एवं रासायनिक प्रक्रिया शामिल है।

यह प्रक्रिया काफी जटिल है। सिलिकॉन पर प्रलेप करके उसके बिस्कुटनुमा पतले टुकड़े काट लिये जाते हैं। इसे सबस्ट्रेट कहते हैं। एक अन्य सिलिकॉन पर्त हासिल करने के लिए इसे पुनः लेपित किया जाता है। इस पर छायाचित्र सूक्ष्मग्राही धूने का प्रलेप किया जाता है। इसके बाद इसे आवरित करके इस पर पराबैंगनी प्रकाश डाला जाता है। इस प्रकार चिप में एक खिड़की बन जाती है। जिसके जरिए उसके अन्य भागों को उद्भासित किया जा सकता है। अपद्रव्य सिलिकॉन के सिलिकॉन डायोक्साइड पर्त से अरक्षित भाग में अपद्रव्य फैल जाते हैं। प्रलेपन, आवरण, उद्भासन और निक्षारण की क्रिया की बार बार पुनरावृत्ति की जाती है। हर बार की क्रिया में एक नया प्रकार्य जोड़ दिया जाता है। जब अपद्रव्य सिलिकॉन में फैल जाते हैं, तब सतह पूरी तरह ऑक्साइड की एक नयी पर्त का रूप ले लेती है। और तब एन. पी. एन. क्षेत्र ट्रांजिस्टर की सरंचना करते हैं।

सिलिकॉन चिप का विकास रुक नहीं गया है। इस प्रौद्योगिकी की प्रगति इतनी तीव्र है कि संभावित संयोजन के लिए अलग अलग अनेक चिप तैयार करने की अपेक्षा एक चिप तैयार करना सस्ता है। अधिक शुद्धतापूर्ण चिपें तैयार की जा सकती हैं बशर्ते कि वे आकार में छोटी हों। सिलिकॉन चिप पर मुद्रण से संबंधित अधुनातन विशेषता यह है कि वह चौड़ाई में माइक्रोमीटर (एक मीटर का दस लाखवां हिस्सा) के करीब पहुंच रही है। यदि और कम चौड़ाई की अपेक्षा हो तो, जैसा कि अभी तक प्रचलन में है प्रकाश की किरणों की अपेक्षा इलेक्ट्रॉन किरणों की आवश्यकता होगी।

भाग–2

प्रेषण

6

संकेतों का मिश्रण

इस बात से किसी को भी आश्चर्य हो सकता है कि टेलीफोन पर होने वाली अनेक बातचीत एक ही रास्ते से प्रेषित की जाती हैं और फिर भी हरेक व्यक्ति अलग अलग स्वयं से संबंधित बातचीत पकड़ लेता है। जो भी हो यह अपने आप में है एक जटिल प्रक्रिया जो अनेक आविष्कारों और खोजों के परिणामस्वरूप उपलब्ध हुई है।

मनुष्य की आवाज एक ही बार में अलग अलग आवृतियों वाली ध्वनियां व्युत्पन्न करती है। प्रेषित होने वाली आवृतियों का क्षेत्र 'बैंडविड्थ' कहलाता है। यह दूरसंचार का वृहत् मार्ग होता है। अधिक सूचना भेजने के लिए कम समय में अधिक बैंडविड्थ की जरूरत होती है। उदाहरण के लिए संगीत प्रेषित करने के लिए, विश्वस्तता (30-12,000 हट्र्ज) बनाने हेतु दूरसंचार के वृहत् मार्ग में अधिक स्थान की जरुरत होती है। एक टेलीफोन चैनल में 3 कि. हट्र्ज की बैंडविड्थ होती है जिसका क्षेत्र कम से कम 300 हट्र्ज से अधिकतम (3,300 हट्र्ज) चयनित आवृतियों का होता है। टेलीफोन के लिए यह बैंड इस क्षेत्र तक प्रतिबंधित होता है; वार्तालाप में लगभग 4,000 हट्र्ज से अधिक आवृतियों को अलग कर दिया जाता है क्योंकि सामान्य बातचीत को समझने के लिए ये आवश्यक नहीं होतीं। संकेतों को ले जाने वाले तार और केबिल अधिक वार्तालापों या सूचनाओं को प्रेषित कर सकते हैं। बहुत से फोन कॉल संप्रेषण माध्यम में, प्रत्येक 4 कि. हट्र्ज के विभिन्न खांचों का अधिग्रहण करते हैं। संप्रेषण के उद्देश्य से प्रत्येक कॉल को उसी प्रकार भिन्न आवृति दी जाती है जिस प्रकार एक रेडियो में भिन्न भिन्न आवृतियों पर अलग अलग स्टेशन लगाये जा सकते हैं। ये अलग अलग आवृतियां शुरू की आवृतियों को एक कैरियर की मदद से मिलाकर प्राप्त की जाती हैं। कैरियर तरंग की स्थिर एकल आवृति होती है ताकि उसके उच्चतम और निम्नतम आयाम (संकेत की शक्ति का माप) और तरंग दीर्घता स्थिर रहें। विभिन्न आवृतियां (विभिन्न टेलीफोनों से) कैरियर को अनुकूल करती हैं जिससे वह आवृतियों का बैंड बन जाता है। अनुकूलित आवृतियों में इस व्यवस्था का लाभ पूर्ण दक्षता के साथ प्रेषित किया जा सकता है।

प्रथम कैरियर प्रणाली इकहरी खुली तार लाइन पर चार द्विमार्गी चैनलों सहित बाल्टिमोर और पिट्सबर्ग के बीच सन् 1918 में संस्थापित की गयी थी। दो वर्ष बाद, प्रेषण की प्रत्येक दिशा के लिए अलगअलग आवृतियों का प्रयोग करते हुए तीन द्विमार्गी चैनल संस्थापित किये गये। अंततः सन् 1938 में अंतर्महाद्वीपीय केबिल पथ पर एक ऐसी कैरियर प्रणाली स्थापित करके परिचालित की गयी जिसमें बारह चैनल तक हो सकते थे। सन् 1940 के दशक में कैरियर प्रणाली पुनः विकसित की गयी। ट्रांजिस्टरों के आने के साथ आवृतियों को सही रूप में नियंत्रित किया जाने लगा और एक ही लाइन पर सैकड़ों वार्तालाप भेजे जाने संभव हो गये।

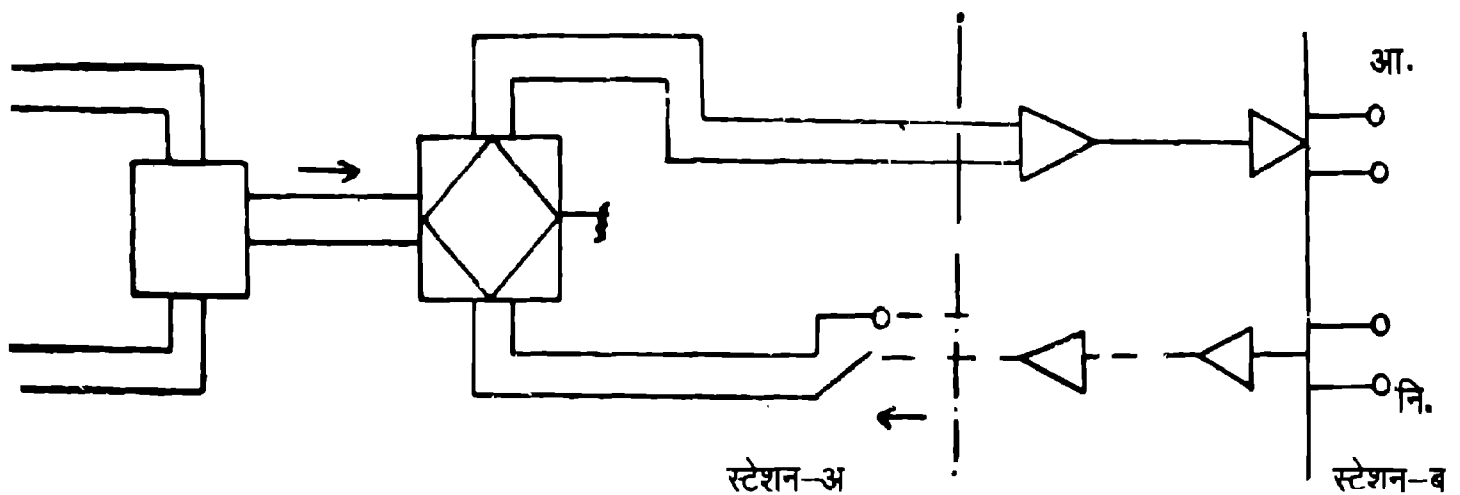
संप्रेषण लाइनों में भी सुधार किया गया। पहले टेलीफोन परिपथ में भूतल वापसी व्यवस्था के साथ इकहरे तार का प्रयोग हुआ। बाद में विद्युतीय बाधाओं से बचने के लिए दो समानांतर निकट तारों का प्रयोग किया गया। दो में से एक तार, भूयोजन के जरिए विद्युत प्रवाह लौटाने के बजाय, वापसी करेंट पथ के रूप में प्रयुक्त किया गया।

तार की लंबाई बढ़ने से संकेतों के कमजोर पड़ने की समस्या खड़ी हो गयी। इसका हल कोलंबिया विश्वविद्यालय के गणित के प्रोफेसर, डॉ. माइकेल इदवोर्स्की पपिन (1858-1935) ने निकाला। उसने 'प्रेरक अथवा भरण कुंडली' नामक युक्ति विकसित की जिससे उच्च आवृतियों का धूमिल होना घट गया। लगभग हर एक मील पर खुले तारों के साथ स्थापित इस युक्ति से मोटे तार की अपेक्षा पतले तार का प्रयोग संभव हो सका और खर्च में भी कटौती हुई। इस कुंडली के भूमिगत केबिलों में प्रयोग से दूरी की क्षमता और बढ़ गयी। ऐसा प्रथम केबिल न्यूयार्क और फिलाडेलफिया के बीच स्थापित किया गया जो सन् 1906 से काम में आने लगा। तथापि पपिन द्वारा आविष्कृत कुंडली से केवल संकेतों का कमजोर होना ही घट पाया; उससे संकेतों का विस्तारण नहीं हुआ।

निर्वात नलिकाएं

विद्युत करेंट का पता लगाने और उसे वर्धित करने की आवश्यकता ने इस क्षेत्र में अनुसंधान के लिए प्रेरित किया। सन् 1900 के आसपास, कुछ बेतार सैटों में केवल क्रिस्टल संसूचकों का इस्तेमाल किया गया था। सन् 1915 तक ली द फॉरेस्ट के ट्रायोड संसूचकों का प्रयोग किया गया। इन संसूचकों से संचार के क्षेत्र में बड़ा परिवर्तन आया। इस युक्ति से कमजोर रूप में ही सही, टेलीफोन संकेतों का विस्तारण हुआ। एक टेलीफोन कंपनी ने फॉरेस्ट की प्रौद्योगिकी को खरीद लिया और हैरोल्ड डी अर्नोल्ड (1883-1933) और उसके दल के द्वारा किये गये कार्य की मदद से उसे और विकसित

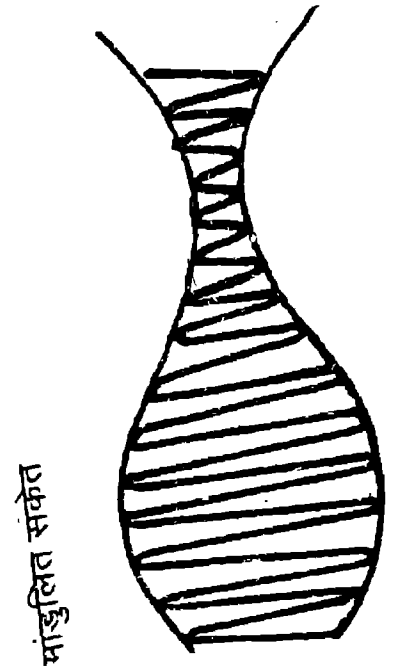
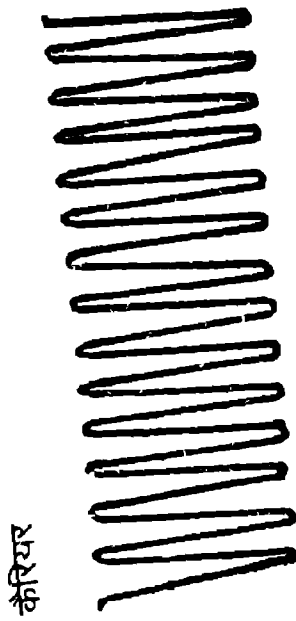
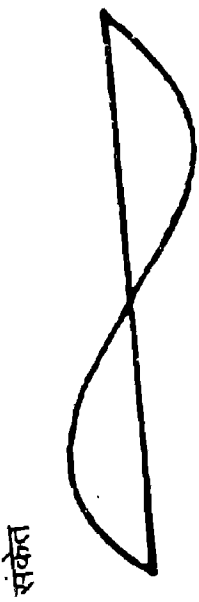
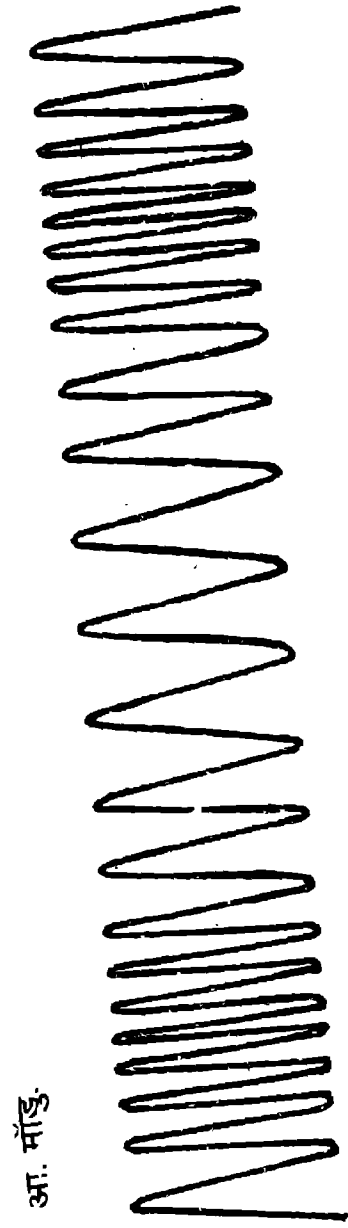
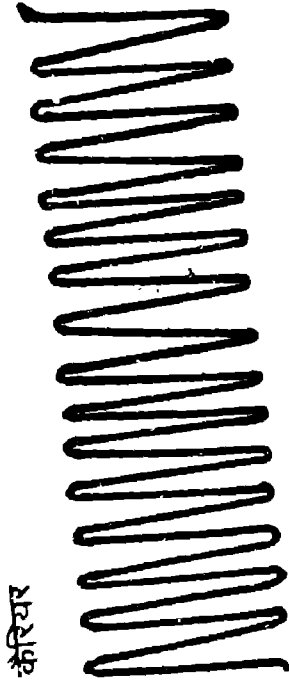
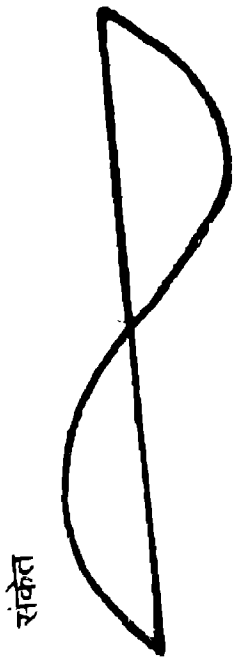
कर लिया। सन् 1912 तक एक अत्यधिक निर्वात नलिका उपलब्ध हो गयी। निर्वात नलिकाओं का प्रचुर मात्रा में उत्पादन हुआ और सन् 1950 के दशक के मध्य तक ऐसी निर्वात नलिकाओं की 1,800 से अधिक किस्में उपलब्ध हो गयीं। रिपीटरों में सुधार करने हेतु, सन् 1927 में बैल प्रयोगशाला के हैरोल्ड एस. ब्लाक (जन्म 1898) द्वारा टेलीफोन संकेतों के विस्तारण में ऋणात्मक पुनर्निवेशन विस्तारण का आविष्कार किया गया। इस युक्ति से विस्तारित संकेत के एक भाग का निवेश के रूप में पुनर्निवेशन किया गया और इस प्रकार संकेत के स्थायित्व में सुधार करके उसके क्षरण को कम किया गया। इस प्रक्रिया के तहत विस्तारण में हुआ काम एक सीमा तक घट गया।

लंबी दूरी में प्रेषण के दौरान होने वाली क्षति को न्यूनतम करने के उद्देश्य से चतुष्तार प्रणाली विकसित की गयी। एक युग्म प्राप्त आवृतियों और एक युग्म, प्रेषण आवृतियों के लिए रखा गया। खास तौर पर इसलिए कि विस्तारक एक दिशायी होने के कारण दोनों दिशाओं में जाने वाले संकेतों को नहीं संभाल सकते। उपभोक्ता से टेलीफोन एक्सचेंज तक लाइन जो द्वितारीय संयोजन कहलाता है संकेतों के दोनों दिशाओं में भेजने और प्राप्त करने का कार्य करेगा। द्वितारीय प्रणाली और चतुष्तारीय संपर्क के बीच एक अंतरापृष्ठ अनिवार्य हो गया। इसके लिए 'हाइब्रिड' नामक युक्ति विकसित की गयी। यह आने और जाने वाले संकेतों को पृथक करके अलगअलग लाइनों पर भेजती है। हाइब्रिड युक्ति उपभोक्ता लाइन के द्वितारीय संकेत को चतुष्तारीय संकेत में परिवर्तित करती है (चित्र–10)। ऐसी ही व्यवस्था टेलीफोन

चित्र-10 ट्रंक लाइनों या सूक्ष्म तरंग पर आवक और जावक चैनल विभिन्न पक्षों पर हैं जो चतुष्तार संपर्क कहलाते हैं। उपभोक्ता को एक्सचेंज से जोड़ने वाला संपर्क, जिसे द्वितार लाइन कहते हैं, परियात को दोनों दिशाओं में ले जाता है। एक अंतरापृष्ठ जो हाइब्रिड कहलाता है, द्वितार पथ को चतुष्तार पथ में (तथा आवक परियात के लिए इसके विपरीत) परिवर्तित करता है।

हैंडसैट में भी की जाती है जो एक्सचेंज के द्वितारीय संकेतों को, कर्णचोगे और मुखचोगे के लिए अपेक्षित पृथक चैनलों में परिवर्तित करती है और बोलने वाले की अपनी आवाज की गूंज को सुनने वाले के कानों तक पहुंचने से भी रोकती है।

नियमन

जैस जैसे टेलीफोन की मांग बढ़ने लगी, वैसे वैसे ही एक ही तार के जरिए अधिक वाक् चैनलों को प्रेषित करने की आवश्यकता अनिवार्य हो गयी। इस के अतिरिक्त दूरसंचार पथ एक से अधिक चैनल समाहित कर सकता था। भिन्न भिन्न चैनलों को प्रेषित करने के लिए भिन्न भिन्न आवृतियों की आवश्यकता होती है। निवेश संकेत को नियत आवृति स्लॉट में ले जाने की प्रक्रिया नियमन कहलाती है। प्राप्ति वाले छोर पर इससे प्रतिकूल प्रक्रिया अनियमन कहलाती है। नियमन में संकेत अवस्थित कैरियर पर इस ढंग से अध्यारोपित किया जाता है कि वह वितरण की दृष्टि से उपयुक्त हो। अनियमन में परिवर्तित कैरियर से मूल संकेत को प्राप्त किया जाता है। उदाहरण के लिए, नियत आयाम और लगभग 10,00,000 हट्र्ज की आवृति वाली कैरियर तरंग 1,000 हट्र्ज के नियंत्रित संकेत द्वारा नियमित होती है। इसके परिणामस्वरूप नियमित कैरियर का विस्तार आवरण कैरियर आवृति 10,00,000 हट्र्ज और कैरियर नियमन आवृति के योग तथा अंतर (क्रमश: 10,01,000 हट्र्ज तथा 9,99,000 हट्र्ज) युक्त होगा। दूसरे शब्दों में संकेत नियमित कैरियर की 'बैंडविड्थ' के ऊपर और नीचे दोनों तरफ कैरियर आवृति को संशोधित करता है। कैरियर के ऊपर और नीचे की आवृतियां 'साइड बैंड' कहलाती हैं। प्रत्येक साइडबैंड, नियंत्रणकारी संकेत के विस्तार और आवृति की पूरी सूचना रखता है। इस प्रकार यह पर्याप्त होता है कि परिणामिक संकेत का दोनों में से कोई भी साइडबैंड संप्रेषित हो जाये, दूसरे साइडबैंड को ऊर्जा और 'बैंडविड्थ' की रक्षा के लिए अवरुद्ध किया जा सकता है। प्राप्ति वाले छोर पर साइडबैंड कैरियर आवृति के साथ मिल जाता है, जो उसी के समान है और नियमन के लिए प्रयोग होता है।

नियमन के दो प्रकार हैं–यथा आयाम नियमन तथा आवृति नियमन (चित्र–11)। आयाम नियमन (आ. नि.) में ध्वनि तरंग, कैरियर तरंग के आयाम को अर्थात् इसके ऊपर नीचे होते दोलन को सीधे ही बदल या अनुकूलित कर देती है। (कैरियर तरंग की आवृति समरूप होती है।) दूसरे छोर का संसूचक पुन: मौलिक तरंग उत्पन्न करता है। आवृति मॉडुलन (आ. मॉडु.) नामक दूसरी पद्धति का मार्ग, सन् 1930 के दशक के आरंभ में एडविन आर्मस्ट्रांग द्वारा, रेडियो संप्रेषण का स्तर सुधारने के लिए प्रशस्त किया गया। आवृति नियमन पद्धति में मूल तरंग के रूप के आयाम को परिवर्तित

चित्र-11 आयामी मॉडुलन (आ. मॉडु.) में, मूल तरंग या आयाम, एक सी आवृति वाली कैरियर तरंग का सीधे मॉडुलन करता है।

आवृति मॉडुलन (आ. मॉडु.) में मूल तरंग के रूप के आयाम का प्रयोग, सतत् आयामी कैरियर तरंग की आवृति परिवर्तित करने के लिए होता है।

कर दिया जाता है जिससे यह सतत आयामी कैरियर तरंग की आवृति को बदल देती है। अभिग्राही सिरे पर मूल तरंग प्रतिरूपित हो जाती है। व्यवहार में, आयाम नियमन संकेतों के लिए न्यूनतम पट्टीविस्तृति अपेक्षित होती है। जबकि आवृति नियमन संकेतों के लिए इससे अधिक की आवश्यकता होती हैं। किंतु आ. मॉडु. में बैंडविड्थ इस बात पर निर्भर करती है कि संकेत परिवर्तनों के विस्तारण के अनुसार आवृति में किस सीमा तक विविधता है। बैंडविड्थ की शक्ति संकेतन शक्ति अथवा शोर में बिना वृद्धि किये बढ़ायी जा सकती है।

आवृतियों के निर्धारित बैंड के संप्रेषण के लिए विशेष फिल्टरों की जरूरत होती है। जी. ए. कैंपबेल (जन्म 1915) द्वारा विद्युतीय नेटवर्क की सैद्धांतिक खोज परख के परिव्यय स्वरूप सन् 1917 में विद्युत तरंग फिल्टर का आविष्कार हुआ। आज उन्नत फिल्टरों (लो-पास फिल्टर या हाई-पास फिल्टर) का उपयोग आम बात है। ये फिल्टर केवल उन आवृतियों को स्वीकार करते हैं जो निर्धारित आवृति से नीचे अथवा ऊपर होती हैं। बैंड-पास फिल्टर आवृतियों के निर्धारित बैंड को ही प्रेषित करता है शेष सबको अवरुद्ध कर देता है।

संवादों का अंबार

सन् 1940 के दशक के अंतिम क्षणों के महत्त्वपूर्ण विकास के प्रतिरूप 'मल्टीप्लेक्सिंग' की क्रिया में नियमन एक पहल है। 'मल्टीप्लेक्सिंग' में एक ही प्रकार के अनेक संदेशों को एक ही लाइन या रेडियो कैरियर पर, साथ साथ संप्रेषित करने के लिए एकत्र किया जाता है। संयुक्त मल्टीप्लेक्सिंग संकेत को लाइन संकेत अथवा रेडियो संप्रेषण के मामले में 'बेसबैंड संकेत' की संज्ञा दी जाती है। विभिन्न स्पीच चैनल विभिन्न आवृतियों में परिणत किये जाते हैं। कैरियर तरंग की आवृति या आयाम में विविधता उत्पन्न करके, नियमन आवृति की सूचना इसमें स्थानांतरित की जाती है। मल्टीप्लेक्सिंग की प्रक्रिया आवृति विभाजन अथवा समय विभाजन के आधार पर संपन्न की जाती है।

जो उपस्कर आवृतियों को परिणत करता है वह इस रचना और संप्रेषण के प्रति निर्णायक होता है। ऐसे उपस्कर का स्वदेश में ही निर्माण हो रहा है। सभी समुच्चयों को क्रियाशील रखने के लिए यह आवश्यक है कि उत्पन्न हुई आवृतियां स्थिर रहें। इसे सुनिश्चित करने के लिए अधिक स्थायी उत्कृष्ट दोलक होते हैं जो परिणति की हर एक अवस्था में मूलभूत कैरियर तरंगें उत्पन्न करते हैं। इनसे अन्य वांछित आवृतियां प्राप्त की जाती हैं।

इस प्रकार मल्टीप्लेक्सिंग एक साधन है, जिसके द्वारा एक उभय संप्रेषण पथ पर संप्रेषण के लिए कई परिपथों को जोड़ा जा सकता है। आवृति विभाजन मल्टीप्लेक्स

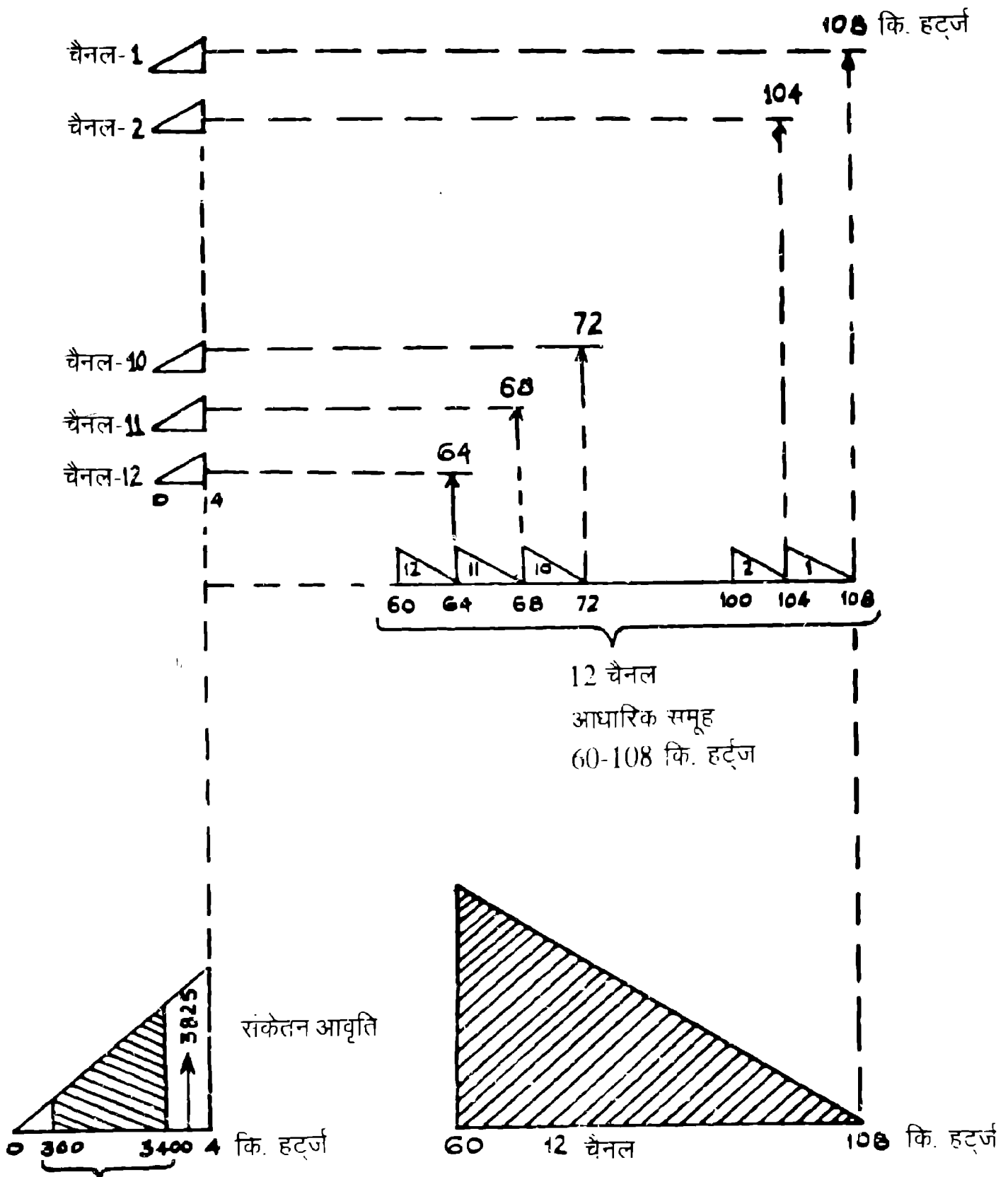
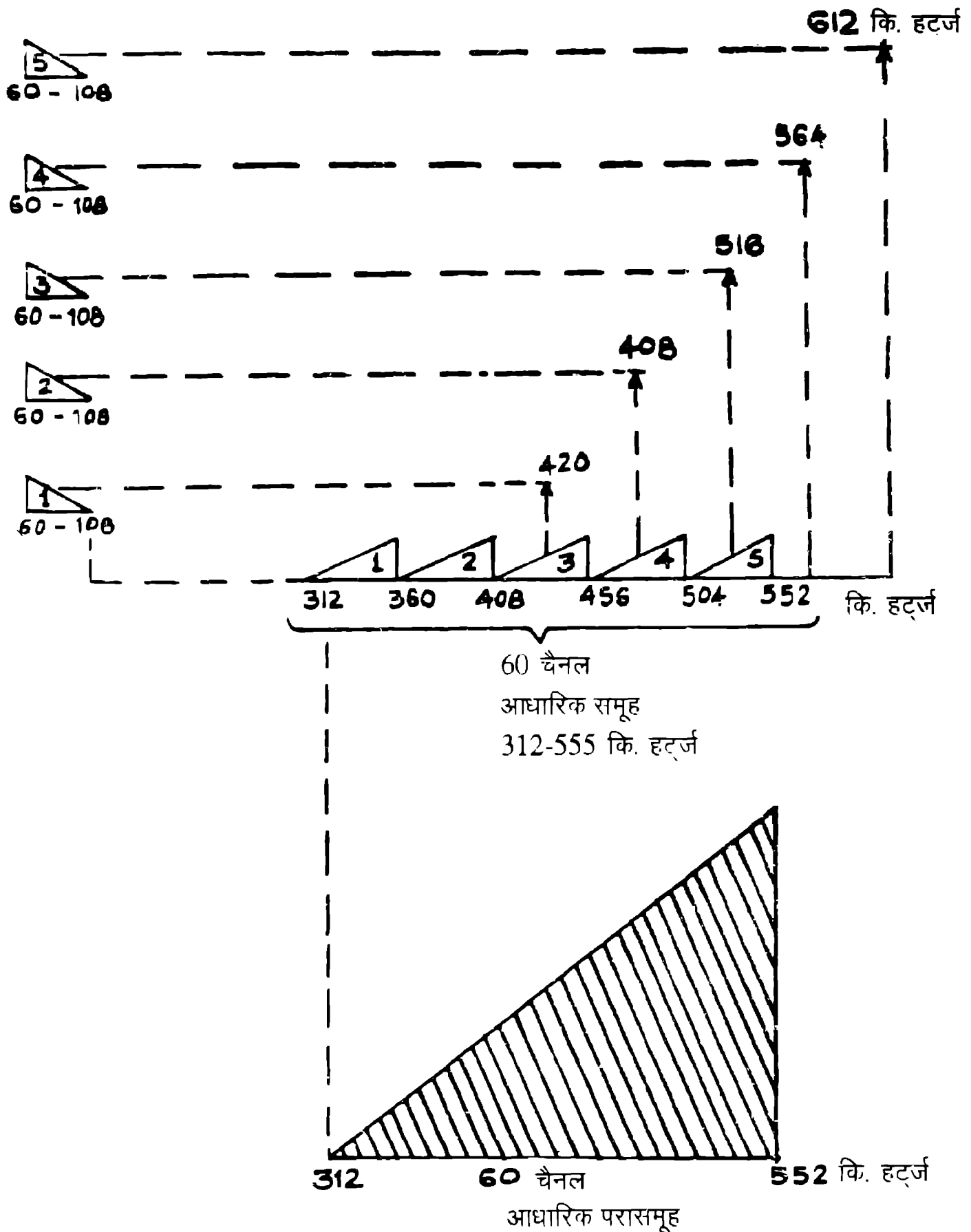
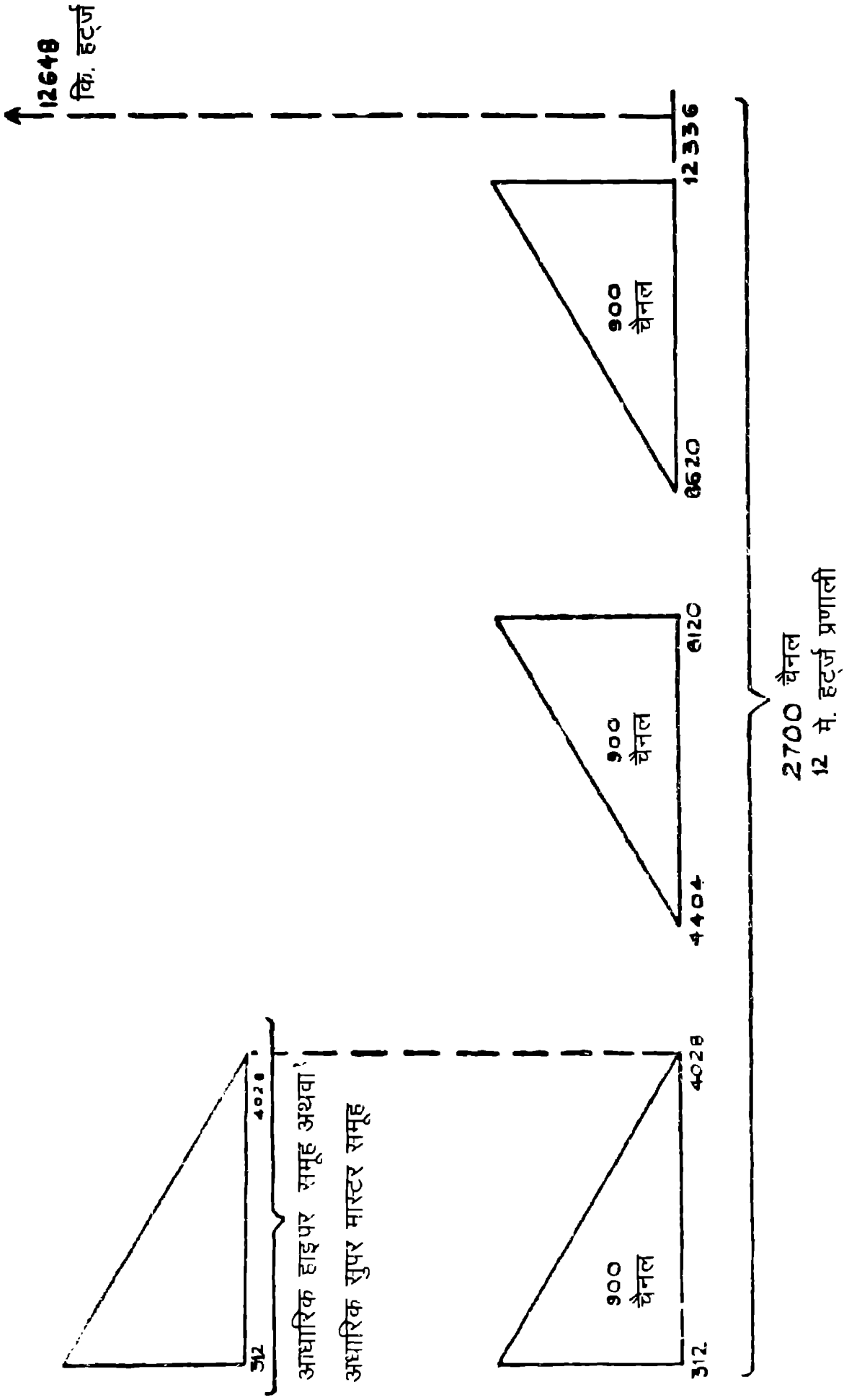
एक ही माध्यम पर स्वर संकेत जुटाने हेतु सर्वाधिक प्रयुक्त होने वाली पद्धति है। जिसमें 4 कि. हट्र्ज बैंड चौड़ाई युक्त 12 स्वर चैनलों का क्रम परिवर्तित किया जाता है प्रथम चैनल 60 से 64 कि. हट्र्ज रहेगा जबकि अंतिम चैनल 104 से 108 कि. हट्र्ज होगा। 48 कि. हट्र्ज (12×4) कि. हट्र्ज का सम्मिश्रित संकेत संप्रेषित होता है। अभिग्राही छोर पर, यह संकेत अपने 12 घटकों में अनुकूलित हो जाता है।

आधारिक, अति एवं परा समूह

संयुक्त संकेत प्राप्त करने के लिए 960 चैनल के मल्टीप्लेक्सिंग में से हर चैनल एक भिन्न कैरियर से अनुकूलित नहीं किये जाते हैं। सर्वप्रथम 60 से 108 कि. हट्र्ज की आवृति जिसे आधारिक समूह कहा जाता है, में से 12 चैनलों का एक ब्लॉक प्राप्त किया जाता है। ऐसे पांच आधारिक समूह (12× 5) एक 60 चैनल खंड बनाते हैं जिसे, 312 कि. हट्र्ज से 552 कि. हट्र्ज के आवृति क्षेत्र में 240 कि. हट्र्ज की बैंड चौड़ाई से युक्त अति समूह के नाम से जाना जाता है (चित्र -13)। पांचों आधारिक समूहों में से प्रत्येक, समूह कैरियर आवृतियों में से समूह को अनुकूलित करता है और 60 चैनल बैंड बनाता है। पंद्रह अति समूह मिलकर, 900 चैनल का एक परा-समूह बनाते हैं। परा-समूहों को 312 से 12, 336 कि. हट्र्ज (या 12 मेगाहट्र्ज) रेंज में 2,700 चैनल बैंड बनाने के लिए तीन ऐसे परा-समूहों को जोड़ा जा सकता है (चित्र–14)। प्रथम परा-समूह बिना नियमन के सीधे लिये जाते हैं। परा-समूह 2 और 3 (प्रत्येक 312 और 4,092 कि. हट्र्ज के मध्य) क्रमशः 8,432 और 12,468 कि. हट्र्ज के साथ अनुकूलित किये जाते हैं। 60 मेगा हट्र्ज प्रणालियों के लिए 10, 800 चैनल बैंड बनाने के लिए बारह परा-समूहों को जोड़ा जाता है।

समूहों के बीच पर्याप्त सुरक्षा दूरी रखी जाती है ताकि अतिव्याप्ति को रोका जा सके। फिल्टर प्रौद्योगिकी में प्रगति से मल्टीप्लेक्स प्रणालियों का आकार घट गया है।

आवृति स्थिरता

संकेतों की समुचित ग्राहिता के लिए आवृति स्थिरता महत्वपूर्ण है। टेलीफोन के लिए छोर से छोर तक आवृति परिवर्तन धन (+) या ऋण (–) 3 अथवा 4 कि. हट्र्ज होता है। मनुष्य की श्रवणशक्ति इस अंतर को नहीं पकड़ सकती। किंतु तीव्रगति डाटा तथा टेलीग्राफ संकेतकों का वहन करने वाली मल्टीप्लेक्स प्रणालियों में आवृति स्थिरता अधिक निर्णायक हो जाती है जहां आवृति परिवर्तन 1 या 2 कि. हट्र्ज से अधिक नहीं होना चाहिए। आवृतियों को समक्रमिक बनाना होता है ताकि, संकेतों को पुनः प्राप्त करने के लिए अभिग्राही छोर पर उन्हें पुनः उत्पन्न किया जा सके। पायलट

चित्र-12 आवृति विभाजन मल्टीप्लेक्स : यह एक ही माध्यम से, संप्रेषित करने के लिए अनेक स्वर संकेतों को जुटाने हेतु सर्वाधिक प्रयुक्त होने वाली पद्धति है। उदाहरण के लिए, 4 कि. हट्र्ज की बैंड चौड़ाई वाले 12 वॉयस चैनलों का, आवृति में ऊपर की ओर क्रम परिवर्तन किया जाता है ताकि वे 60- 108 कि. हट्र्ज के एक आधार समूह की रचना करने के लिए, 4 कि. हर्ट्ज चौड़े 12 निकटवर्ती बैंडों को काम में ला सकें। लक्ष्य पर पहुंच जाने पर संकेतों को पुनः इसके 12 अवयवों में विमॉडुलित कर दिया जाता है।

चित्र-13 312-552 कि. हट्र्ज आवृति क्षेत्र में 60-108 कि. हट्र्ज के पांच आधारिक समूहों से 60 चैनल का एक आधारभूत सुपर समूह बनता है। अनुकूलित होने वाली कैरियर आवृतियां, आधारिक समूहों को दर्शाते हुए, सांचों के ऊपर दी गयी हैं।

चित्र-14 प्रत्येक 900 चैनल के तीन हाइपर समूहों को मिलाकर एक 2,700 चैनल प्रणाली की संरचना होती है। पहले हाइपर समूह के बिना नियमन को लिया जाता है और शेष को अनुकूलित किया जाता है।

आवृतियां "मास्टर टर्मिनल" द्वारा संप्रेषित होती हैं और वे अभिग्राही छोर पर आवृतियों को समक्रमिक बनाने में सहायता करती हैं। किसी चैनल का आउटपुट, इनपुट की वास्तविक पुनर्प्रस्तुति नहीं है। इसमें हमेशा कुछ रूपांतरण होता है। विहित अंतर्राष्ट्रीय स्तर के अनुसार परिवर्तन होना है।

शोर

अनेक समस्याओं में से एक समस्या, जिसका सामना इंजीनियरों को करना पड़ता है, संकर-वार्ता (क्रॉस टॉक) की है। टेलीफोन में इसका अर्थ है निकटवर्ती संचार चैनल द्वारा उत्पन्न व्यतिकरण। टेलीग्राफी में इसी को 'क्रॉसफायर' कहते हैं। संकरवार्ता बोधगम्य हो सकती है और नहीं भी हो सकती है। चैनल की समुचित जांच कर भी ली जाये तो भी उपकरणों में परमाणुओं और विद्युदाणुओं की बेतरतीब गतिशीलताओं के कारण ऊष्मीय शोर सदैव मौजूद रहता है। बाहरी किंतु समरूप संकेतकों के व्यतिकरण एवं प्रेषण में विकृति सहित और भी कई कारण हैं। संकेतक सदैव क्षीण होता रहता है अर्थात् गृहीत संकेतक सर्वथा प्रेषित संकेतक से कम रहता है। एक अच्छे तंत्र में शोर की अपेक्षा संकेतक को तीव्र स्वरक होना चाहिए। संकेतक और शोर के अनुपात को क्षमता धारिता कहते हैं। 20 डी. बी. के अनुपात का मतलब होता है शोर शक्ति की अपेक्षा संकेतक शक्ति सौ गुना है।

किसी लाइन पर नियोजित अधिकतम टेलीफोन परियात का अनुरूपण करके यह देखना कि संकेत किस सीमा तक ठीक से प्राप्त होते हैं; चैनल के परीक्षण की एक स्वीकृत पद्धति है। इसे सायास शोर परीक्षण कहते हैं। इसका पहली बार प्रदर्शन सन् 1955 में किया गया था। तभी से आवृति विभाजन मल्टीप्लेक्सिंग पर आधारित बहुचैनल अनुसंधान, उत्पादन तथा प्रणालियों के रखरखाव में सायास शोर परीक्षण किया जाता है।

7

बिट दर बिट

समकोण त्रिभुज के बारे में पाइथागोरस का प्रमेय सर्वविदित है। इसे प्राचीन यूनानी मत का उदाहरण माना जा सकता है जिसके अनुसार आकार, ध्वनियां संगीतात्मक स्वर और वस्तुतः सभी विचार अंकों के माध्यम से व्यक्त किये जा सकते हैं। आज दूरसंचार के क्षेत्र में आवाज, दृश्य और आंकड़ों को संख्याओं में परिसीमित किया जा सकता है। यह तकनीक सूचना का अंकीय परावर्तन कहलाता है।

यह तकनीक उभय संप्रेषण माध्यम को बंटवारे के आधार पर प्रयोग करते हुए विभिन्न टेलीफोन चैनलों को संयोजित करने हेतु उपयोगी है। इसे टाइम डिविजन मल्टीप्लेक्स (टी. डी. एम.) नाम से जाना जाता है। यह सन् 1930 के दशक के अंत में विकसित हुई थी। इस पद्धति में एक ही समय में वार्तालापों का ढेर हो जाता है। विभिन्न चैनलों द्वारा संप्रेषण पथ को समय के आधार पर बांटकर प्रयोग किया जाता है। इसके विपरीत आवृति विभाजन मल्टीफोकस (एफ. डी. एम.) चैनल, पथ में विभिन्न आवृति स्लॉटों को काबू रखते हैं। टी. डी. एम. में प्रत्येक चैनल लघु समय स्लॉट में कम कर लेता है और घूमते हुए चैनल स्लॉट पर काबू कर लेता है। किसी बातचीत के अनुरूप पूरा संकेत भेजने की अपेक्षा, संकेतों के विस्तारण के क्षणिक नमूने लेकर उनका कूटित कंपन के रूप में संख्यात्मक मूल्य संप्रेषित किया जाता है। मानव की अपेक्षा मशीन द्वारा संकेत तेजी से प्राप्त किये और भेजे जा सकते हैं। टी. डी. एम. का उपयोग डिजिटल एक्सचेंज में किया जाता है जिसमें संकेतों के आवंटन हेतु समय स्विच का प्रावधान होता है।

नयी प्रौद्योगिकी अपेक्षाकृत सरल तरीकों पर आधारित है। सूचना एनालॉग और डिजिटल दो भिन्न तरीकों से प्रस्तुत की जा सकती है। उदाहरण के लिए, एनालॉग तकनीक, कंपास की सूई की गति में या फिर घड़ी की सूइयों में दिखलाई पड़ती है। इनके जरिए एक एनालॉगल संकेत मिलता है जो सर्वथा विविधता से पूर्ण होता है। इसके विपरीत मोर्स की तार प्रणाली ऑन-ऑफ के विद्युतीय स्पंदन पर आधारित है। डिजिटल पद्धति में तथ्य बाइनरी डिजिट के रूप में प्रस्तुत किये जाते हैं जो

'हां', अथवा 'नहीं' के प्रतीक होते हैं। बाइनरी अंक कंम्प्यूटर की भाषा की पूर्ति करते हैं। 'एक' और 'शून्य' के सुसंगत ऑन-ऑफ संकेत संप्रेषित किये जाते हैं। (बिट को बाइट नहीं समझना चाहिए जो कि सदैव तो नहीं पर सामान्यतया बिटों का मिलाजुला रूप है और आठ बिट की शब्द रचना करता है।)

एनालॉग पद्धति में उद्‌भूत ध्वनि अथवा चित्र की चमक विद्युतीय संकेतों के अनुरूप होती है। डिजिटल पद्धति में, विविधता 'एक' और 'शून्य' द्वारा अभिव्यक्त की जाती है।

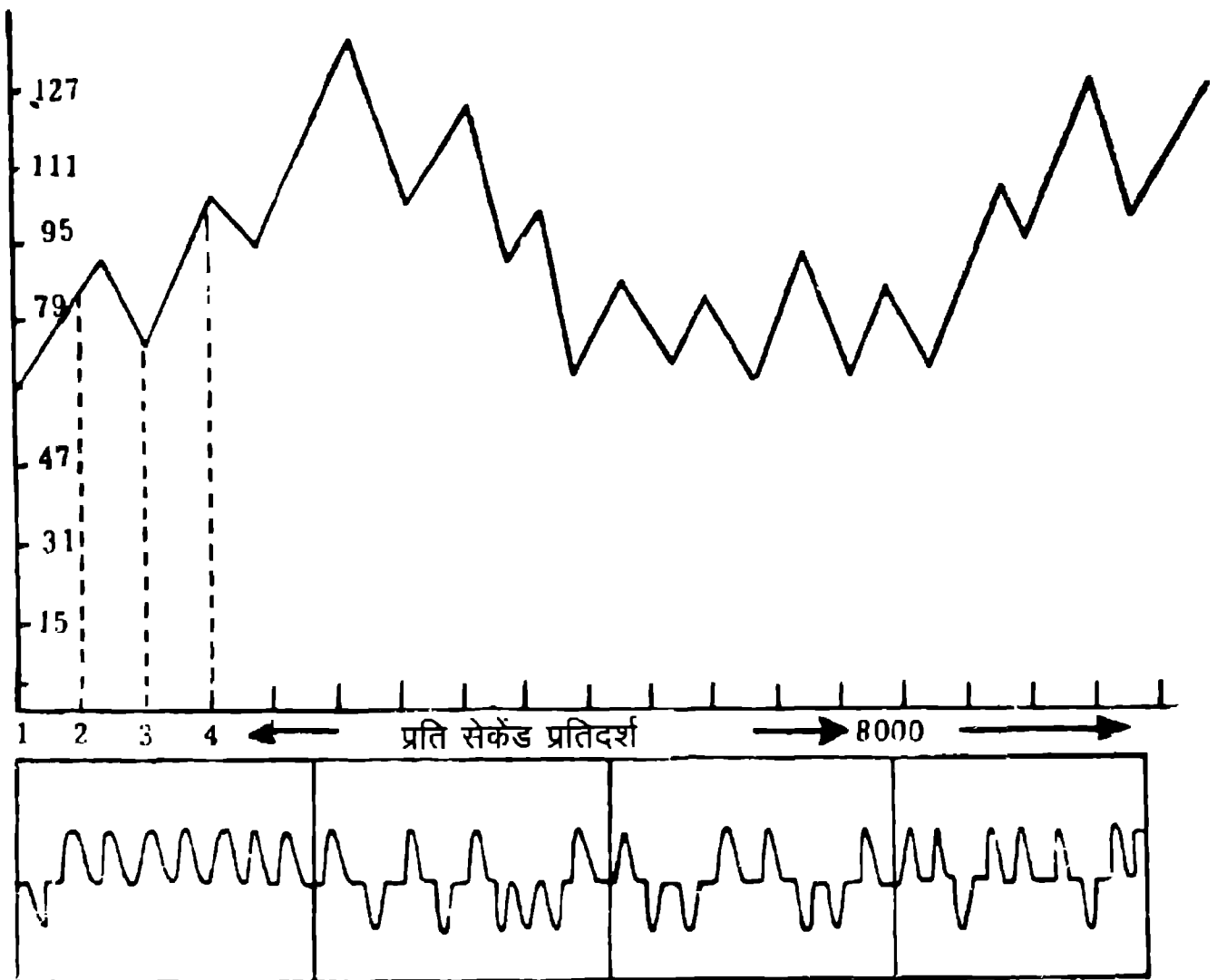
यद्यपि मनुष्य के कान केवल एनालॉग संकेत ग्रहण करते हैं तथापि इंजीनियरों ने यह ज्ञात किया है कि मनुष्य के स्वर को संप्रेषण उद्देश्य से डिजिटल रूप में परिवर्तित किया जा सकता है। इस बात की खोज की गयी कि टेलीफोन से स्वर को एनालॉग संकेत या वाक् तरंगों के अनुरूप विद्युतीय तरंगों के पूरे बैंड को संप्रेषित करने की आवश्यकता नहीं होती। यद्यपि कान 200-20,000 हट्‌र्ज की वृहत् 'बैंडविड्‌थ' को ग्रहण कर सकते हैं। यह पता लगा है कि 300-3,300 हट्‌र्ज के आवृति क्षेत्र में वाक् पहचाना और समझा जा सकता है। इतना पर्याप्त होगा कि दूसरे छोर पर पुनर्सृजन हेतु विद्युत तरंग को उपयुक्त दर पर परखा जा सके।

प्रतिदर्श भेजना

उस प्रतिदर्श विचार का जो पूरी तरह कारगर हो सकता है, सुझाव सन् 1938 में एक अमरीकी इंजीनियर हैरी निकिस्त (सन् 1889-1976) ने दिया। इस विचार की अनुप्रयुक्ति के लिए ट्रांजिस्टर के आविष्कार तक प्रतीक्षा करनी पड़ी क्योंकि इस प्रणाली को ऐसी युक्ति की दरकार थी जो अति तीव्र गति से ऑन-ऑफ हो सके। यह ज्ञात हुआ कि यदि प्रतिदर्श मंदी दर पर हो तो संकेत सही ढंग से पुनरुत्पन्न नहीं किया जा सकता। यहां तक कि यदि प्रतिदर्श अति उच्च दर पर हो तो भी संकेत का स्तर एक निश्चित सीमा से अधिक नहीं सुधर सकता। आदर्श प्रतिदर्श की दर वह मानी गयी जो कम से कम, संकेत की उच्चतम आवृति की दुगुनी हो। स्वर के संदर्भ में वांछित प्रतिदर्श की दर प्रति सेकेंड 8,000 है जो टेलीफोन चैनल में स्वर आवृति (4 कि. हट्‌र्ज) की अधिकतम सीमा की दुगुनी है। इसी प्रकार 6 मे. हट्‌र्ज का टेलीविजन संकेत 12 मे. हट्‌र्ज पर प्रतिदर्शित होना चाहिए।

ब्रिटेन के 'लेक एच. रीव्स' ने वाक् प्रतिदर्शों को प्रेषित करने का एक अनूठा तरीका सन् 1938 में सुझाया। इस तरीके के अनुसार प्रत्येक प्रतिदर्श निश्चित समय पर संकेत विस्तारण के सदृश अंकीय मूल्य दर्शाता है। प्रतिदर्शित मूल्यों को चयनित पैमाने के अनुसार मापा जाता है। प्रतिदर्श थिरकनों की शृंखला को कैरियर, तरंग

के जरिए भेजा जा सकता है। यह प्रक्रिया पल्स एम्प्लीट्यूड मोड्यूलेशन (पी. ए. एम.) कहलाती है।

यदि प्रतिदर्श दर प्रति सेकेंड 8,000 है तो प्रत्येक संकेत प्रत्येक 125 माइक्रो सेकेंड पर प्रतिदर्शित किया जाता है। 8-बिट कूट में प्रत्येक प्रतिदर्श अभिव्यक्त किया जा सकता है और कूट 256 स्तरों अथवा मूल्यों का प्रतिनिधित्व कर सकता है। कूट 128 घनात्मक और ज्यादा से ज्यादा ऋणात्मक विस्तारण स्तरों (चित्र. 15) के मान में निकटतम स्तर के सदृश्य रहता है। मूल्यों के मान में निकटतम संख्या के रूप में स्वीकार किया जा सकता है। यह प्रक्रिया 'मापन' कहलाती है। मापन स्तरों की संख्या जितनी अधिक होगी, प्रतिनिधित्व करने वाले मूल्य उतने ही सही होंगे। इस प्रकार एनालॉग संकेत के डिजिटल परिवर्तन में तीन स्तर रहते हैं–प्रतिदर्श, निकटतम मूल्य तक मापन तथा 8 - बिट संयोजन में कूटन की क्रिया। मॉड्युलेटिंग पल्सेज की यह पद्धति पल्स कोड मॉड्युलेशन (पी. सी. एम.) कहलाती है।

चित्र-15 स्पंदन कोड मॉडुलन में मूल स्वर संकेत का आयाम एक सेकेंड में 8,000 बार प्रतिदर्शित होता है और प्रतिदर्शित मूल्यों को एक और शून्य वाले द्विअंकीय कोडों में रखा जाता है। बिट युक्त कोड, मूल संकेत के आयाम के 256 स्तरों को प्रेषित कर सकते हैं।

प्रतिदर्श परिगणना से पता चलता है कि एक टेलीफोन कॉल को संप्रेषित करने के लिए कितनी बिटों की आवश्यकता होती है। यदि 4 कि. हट्र्ज के टेलीफोन चैनल को 8 कि. हट्र्ज (एक सेकेंड का 8,000 गुना) पर प्रतिदर्शित होता है तो प्रतिदर्श में कूटित विस्तारण को व्यक्त करने के लिए प्रत्येक बार 7 बिटों की जरूरत होती है तो प्रति सेकेंड 64,000 बिटों (64 कि. बिट्/सेकेंड) की आवश्यकता होगी।

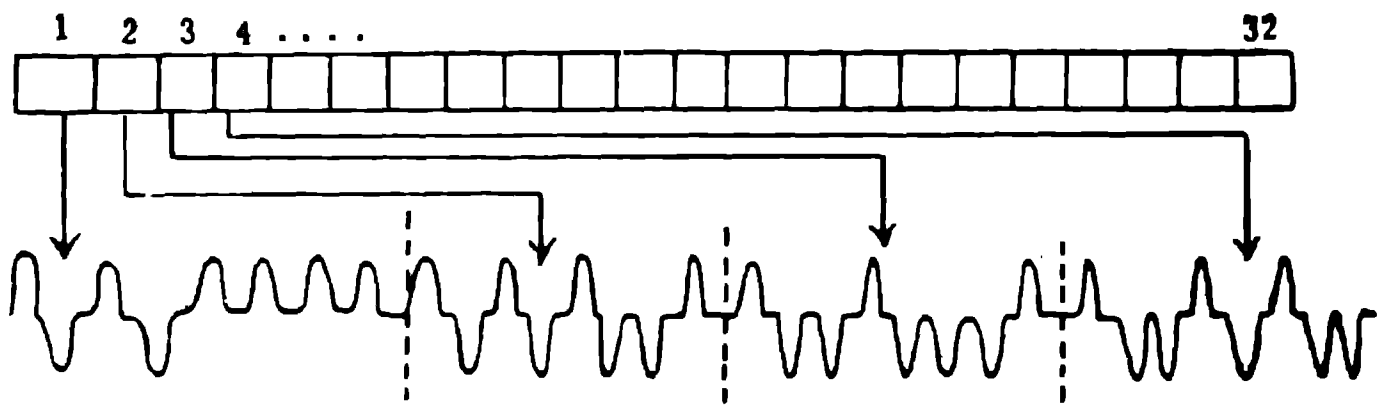
विभिन्न संप्रेषण चैनलों की क्षमता और संदेश स्रोत की जटिलता प्रति सेकेंड बिटों के हिसाब से नापी जा सकती है। इस क्षेत्र में भी लागू होने वाला एक गणितीय सिद्धांत क्लाउड ई. शैनॉन (जन्म 1916) द्वारा सन् 1948 में बतलाया गया था। इस सिद्धांत का असर यह था कि यदि सूचना दर चैनल की क्षमता से अधिक न हो (प्रति सेकेंड बिटों में भी अभिव्यक्त किया गया) तो संदेश बिना किसी त्रुटि के भेजे जा सकते हैं। यदि ठीक से संदेश भेजा जाये (प्रति सेकेंड बिट के रूप में) तो सूचना प्रवाह चैनल की क्षमता तक पहुंच सकता है। इस सिद्धांत के आधार पर गति संकेत में प्रेषण प्रणाली की निष्पादन प्रक्रिया और व्याघात उत्पन्न करने वाले शोर तथा संकेतक की विशेषताएं इंजीनियर बतला सकते हैं और उसका मूल्यांकन कर सकते हैं।

मनुष्य के वाक् की सूचना दर कदाचित प्रति सेकेंड 1,000 बिट से कम है जबकि टेलीफोन चैनल 60,000 बिट प्रति सेकेंड संप्रेषित कर सकता है। रेडियो के लिए चैनल क्षमता 80,000 बिट प्रति सेकेंड एफ. एम. रेडियो के लिए 2,50,000 बिट है और रंगीन टी.वी. (525 लाइनें) 90 मिलियन बिट प्रति सेकेंड की है। यह परिगणना शैनॉन के सिद्धांत पर आधारित है।

प्रति सेकेंड64,000 बिटों के संप्रेषण के साथ स्वर संचार के क्षेत्र में श्रेष्ठ गुणवत्ता प्राप्त की जा सकती है। 32,000 बिट प्रति सेकेंड सीमित रखकर काफी अच्छे संकेत प्राप्त किये जा सकते हैं।

बिटों का संयोजन

विभिन्न स्रोतों से प्राप्त बिटों को सामान्यतया संप्रेषण के उद्देश्य से संयोजित किया जाता है। यदि टेलीफोन को (8 बिट प्रतिदर्श के साथ एक सेकेंड में 8,000 गुना की दर पर) प्रतिदर्शित किया जाता है तो हमें 64,000 बिट प्रति सेकेंड की आवश्यकता होती है। यदि 24 टेलीफोन चैनल हों तो कुल 192 अंकों (और समक्रमण के लिए एक अतिरिक्त) के आठ-आठ अंकों के समय-सांचे रहेंगे। एक सेकेंड में 8,000 समय-सांचों की बार बार पुनरावृति होती है जिससे 15,44,000 बिटें प्रति सेकेंड बनती हैं। दरअसल संयुक्त राज्य और जापान ने 1.544 मैगा बिट प्रति सेकेंड की दर से 24 स्वर चैनलों की एक आधारभूत इकाई को अपनाया है।

दुनिया के बाकी देशों ने 2.048 मेगा बिट प्रति सेकेंड की दर से 30 स्वर चैनल समूह अपनाये हैं। 30 चैनल प्रणाली (समक्रमण और संकेतन के लिए 2 अतिरिक्त चैनल) में 32 आधारभूत समय-सांचे होते हैं और प्रत्येक की क्षमता प्रति सेकेंड 64 किलो बिट की होती है जिससे 2,048 कि. बिट प्रति सेकेंड अथवा 2 मे. बिट प्रति सेकेंड बनती हैं। 32 विभिन्न चैनलों से प्रतिदर्श सूचना एक के बाद एक प्रतिदर्श निरंतर भेजी जाती है (चित्र-16)। 2 मे. बिट प्रति सेकेंड संप्रेषण अंकानुक्रमण के प्राथमिक स्तर की संरचना करता है। 30 चैनलीय मल्टीप्लेक्स के चार चैनलों में से

चित्र-16 समय विभाजन मल्टीप्लेक्स में स्पंदन कोड मॉडुलन का प्रयोग होता है। यहां 32 स्वर चैनल, प्रति सेकेंड 8,000 चार के अनुक्रम में प्रतिदर्शित किये जाते हैं और प्रत्येक प्रतिदर्श के आयाम का पी. सी. एम. की भांति द्विअंकीय रूप में प्रतिनिधित्व होता है जिन्हें एकाधिक 'एक' और एकाधिक 'शून्य' के रूप में अंतःपत्रित एवं संप्रेषित किया जाता है। 8 अंकों (256) के 32 समय-सांचे की (तथा 1 अतिरिक्त 257) प्रति सेकेंड 20,56,000 अंकों के योग के लिए, एक सेकेंड में 8,000 बार पुनरावृति होती है।

अंकीय स्पंदन एक ही केबिल पर अंतःपत्रित की जा सकती है जो इसके पश्चात् प्रति सेकेंड आठ मिलियन बिट के रूप में 120 वार्तालापों को वहन कर सकता है। इसके बाद 8 मिलियन बिट मल्टीप्लेक्स के चार सैट, 34 मिलियन बिटों के प्रवाह के 480 चैनल संपर्क प्राप्त करने के लिए अंतःपत्रित किये जा सकते हैं। इनमें से 4 प्रवाह भी एक ही टेलीफोन केबिल पर साथ साथ भेजे जा सकते हैं। थिरकनों की सभी शृंखलाएं प्राप्ति वाले छोर पर वाक् के रूप में पुनर्सृजित की जाती हैं।

स्पंदन कोड नियमन (पल्स कोड मॉड्युलेशन) की विशेषताएं

चार हजार हट्र्ज तक की किसी आवृति के पुनर्सृजन के लिए प्रति सेकेंड 8,000 बार प्रतिदर्शित पल्स कोड मॉड्युलेशन (पी. सी. एम.) से छोटे पथों पर प्रति टेलीफोन चैनल लागत घटायी जा सकती है और नगर के भीतर ही लाइनों के उपयोग में वृद्धि हो सकती है। पी. सी. एम. के अनेक लाभ हैं। इस पर लाइन के शोर या बातचीत

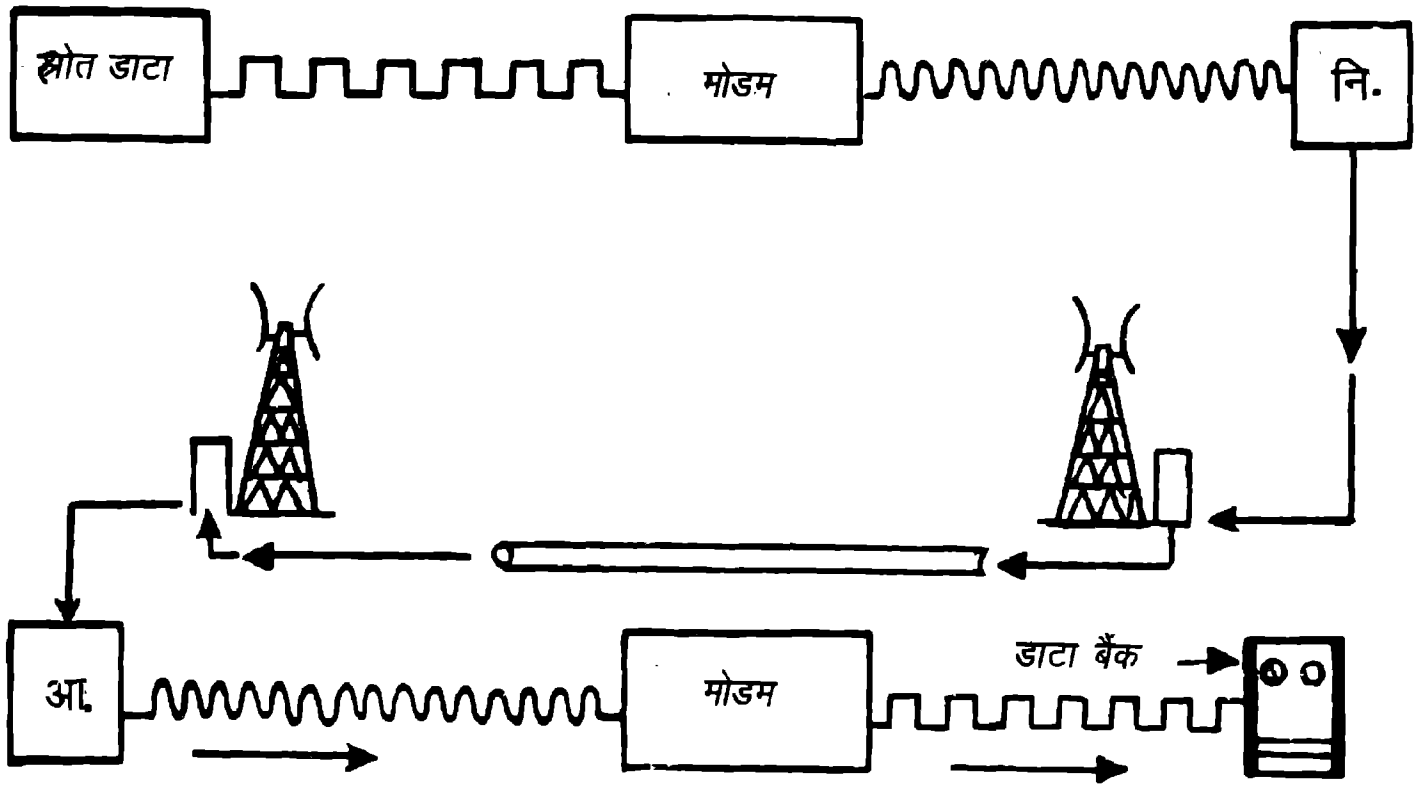
के टकराव का प्रभाव नहीं पड़ता। यहां तक कि पुराने केबिल जैसे खराब साधन से भी काम चल जाता है। कंप्यूटर से प्राप्त उच्च संप्रेषण दर को भी संभालने में पी. सी. एम. आदर्श सिद्ध होता है। यह तकनीक उपग्रह संचार में काम आती है क्योंकि उपग्रह को भेजे जाने वाले बिट प्रवाह के आवश्यकतानुसार समय विभाजन भी मल्टीप्लेक्सित हो सके। नेटवर्क का नियंत्रण और गोपनीयता का प्रावधान आदि इसके कुछ अन्य लाभ हैं।

तथापि टेलीफोन संकेतों को बिटों की कम संख्या में कूटित करने के भी तरीके हैं, जिनसे डिजिटल ट्रंकों की क्षमता में वृद्धि होती है।

कुछ सैन्य या फिर आपात संचार प्रणालियों जैसी स्थिति में जहां वाक् के परिष्कृत प्रतिदर्शन की जरूरत नहीं होती वहां पहले से ही निम्न प्रतिदर्श दरें इस्तेमाल हो रही हैं। इस पद्धति में डेल्टा मॉड्युलेशन कूट केवल इतना ज्ञात कर पाता है कि वाक् संकेत का विस्तारण पिछले प्रतिदर्श से कम है अथवा अधिक। यदि प्रतिदर्श अधिक है तो वह 'एक' है और कम है तो 'शून्य'। यह प्रतिदर्श पी. सी. एम. में एक सेकेंड में 8,000 बार के बदले 32,000 बार होता है। इस प्रकार डेल्टा मॉड्युलेशन में पी. सी. एम. के तहत एक सेकेंड में 64,000 बिटों की अपेक्षा 32,000 बिटें होंगी। इस पद्धति के स्पष्ट लाभ ये हैं कि पी. सी. एम. की तुलना में उसी सूचना को प्रेषित करने के लिए केवल आधी बैंडविड्थ और ऊर्जा अपेक्षित होती है। यद्यपि पी. सी. एम. की अपेक्षा इसमें प्रतिदर्श उतने सही नहीं होते, डेल्टा में कूटन इतना सरल है कि प्रत्येक प्रतिदर्श के लिए बिट होती है, इस कारण इसमें त्रुटि की संभावना कम होती है।

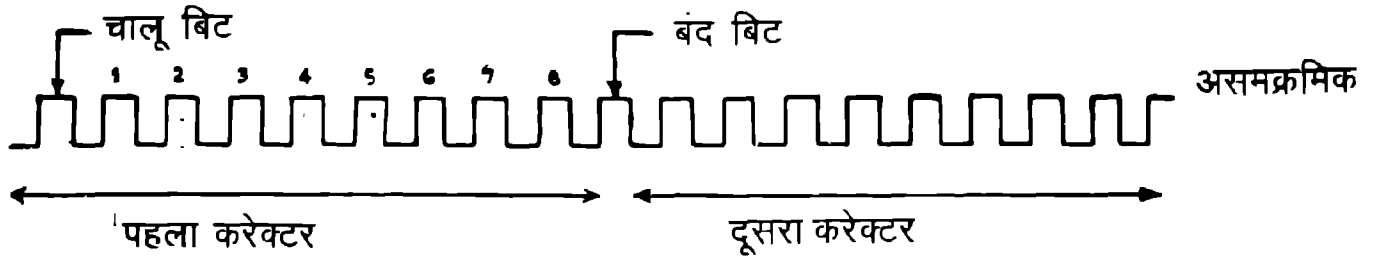
डिजिटल संचार के क्षेत्र में त्रुटि ज्ञात करने की परिष्कृत तकनीकें प्रयोग में लायी जाती हैं। इसमें निर्धारित लंबाई के बाइनरी करेक्टर कोड में एक या एकाधिक बिटें संयुक्त की जाती हैं। उदाहरण के लिए 6-बिट के कूट में, संप्रेषण की शुद्धता की जांच करने के लिए सातवीं बिट संयुक्त कर दी जाती है।

विशेष युक्तियां

डाटा संप्रेषण के लिए कुछ विशेष युक्तियां आवश्यक हैं। टेलीफोन केबिल जैसे संप्रेषण माध्यम का अर्थ एनॉलाग संकेतकों का वहन करना होता है। जब तक टेलीफोन नेटवर्क का प्रयोग अंकीय सूचना के संप्रेषण के लिए होता रहेगा तब तक, संप्रेषण माध्यम के निमित्त उपयोगी अंकीय निर्गत को अनुकूल बनाने की युक्ति आवश्यक होगी। अनुकूलक और अननुकूलक (मॉडुलेटर और डिमॉडुलेटर) के लिए (चित्र-17) इस प्रकार की युक्ति मोडेम कहलाती है। यह अंकीय संकेत को केबिल या सूक्ष्म तरंगों

चित्र-17 अंकीय डाटा संप्रेषण मोडमों द्वारा सुविधाजनक बनाया जाता है जो संकेतों को टेलीफोन केबिलों अथवा सूक्ष्म तरंगों के साथ गमन करने के अनुकूल बनाते हैं।

के द्वारा प्रेषण के लिए एनालॉग प्रतीत होने वाले संकेत में रूपांतरित करने की कड़ी है। इस उद्देश्य के लिए मोडम, अंकीय आगत द्वारा संप्रेषण आवृति को अनुकूलित करता है। संप्रेषण आवृति के या तो दो आयाम अथवा संप्रेषण पथ की दो आवृतियां, अंकीय आगत की दो अवस्थाएं प्रेषित कर सकती है। मोडम, अभिग्राही छोर पर संप्रेषित संकेत को अनुकूलित करता और मूल अंकीय निर्गत को प्राप्त करने में सहायता करता है। विभिन्न बिट की दरें प्रेषित की जा सकती हैं। प्रति सेकेंड 300 बिट तक की स्थिति में इन्हें अल्प-स्वरगति कहा जाता है जबकि मध्यम गति का क्षेत्र, प्रति सेकेंड 600 से 9,600 बिट तक का है। प्रति सेकेंड 64,000 बिटों की दरें उच्च गति की श्रेणी के अंतर्गत आती हैं। 300 तक की बिट दरें पूर्ण डुप्लेक्स पद्धति से संचालित की जा सकती हैं। इसका मतलब है कि ये दो स्थलों के बीच साथ साथ प्रेषित और प्राप्त की जा सकती है। 300 बिटों से अधिक की गतियां अर्ध-डुप्लेक्स पद्धति से भेजी जाती हैं अर्थात् ये भेजी अथवा प्राप्त तो की जा सकती हैं किंतु साथ साथ नहीं। एक सिंप्लेक्स पद्धति भी है जिसमें कोई स्टेशन दूसरे स्टेशन को केवल डाटा भेज सकता है।

डाटा भेजने और पाने वालों को बिल्कुल ठीक समन्वय बनाये रखना चाहिए। उदाहरण के लिए, यदि प्राप्तकर्ता प्रत्येक 10 माइक्रो सेकेंड में संकेत प्रतिदर्शित करता है जबकि एक स्पंदन की अवधि 100 माइक्रो सेकेंड हो तो प्राप्ति छोर पर केवल

10 स्पंदन दर्ज होंगी। मंद गति के लिए (1,200 बिटों से कम) बिटों की पहचान के लिए प्रत्येक 8-बिट करेक्टर 'चालू' और 'बंद' बिटें संयुक्त कर दी जाती हैं। इसे संप्रेषण की असमक्रमण पद्धति कहते हैं (चित्र 18)। 1,200 बिटों से अधिक गति के लिए परिशुद्ध घड़ी युक्तियां प्रयुक्त होती हैं। जो संप्रेषण एवं प्राप्ति दरों को समक्रमित करती हैं। किसी अन्य पद्धति की अपेक्षा उसी गति से संप्रेषण के लिए एक समक्रमण

चित्र-18 असमक्रमिक पद्धति में बिटों में अंतर करने के लिए प्रत्येक अक्षर के साथ (8 बिट की कोडिंग से) चालू और बंद बिटों सहित, डाटा की प्रति सेकेंड 1,200 बिटों की गतियों से कम की गतियां प्रेषित की जा सकती हैं। 1,200 बिट प्रति सेकेंड से अधिक की गति के लिए समक्रमिक पद्धति में चालू और बंद की बिटों का प्रयोग नहीं होना किंतु इसमें पूर्णरूप से सही दक्षिणावर्तन युक्ति अपेक्षित होती है।

संप्रेषण अधिक बिटें भेज सकता है। तथापि, संप्रेषण और प्राप्ति में शुद्ध क्रम सुनिश्चित करने के लिए इसे अतिरिक्त परिपथनी की आवश्यकता होती है। असमक्रमण पद्धति केवल निर्धारित गति तक ही संचालित हो सकती है।

अनेक लाभ

डिजिटल प्रौद्योगिकी के अनेक लाभ हैं। हमने देखा कि एनालॉग पद्धति में किस प्रकार रिपीटर न केवल संकेत को, बल्कि शोर को भी बढ़ाते हैं। डिजिटल ट्रांसमिशन में वर्धन की तो जरूरत होती है किंतु रिपीटर शोर नहीं करते। स्पंदन को पुनर्सृजित करने के लिए केवल उनकी उपस्थिति और अनुपस्थिति की पहचान करना आवश्यक है। इसका परिणाम होगा वाक् की अधिक स्पष्टता या फिर चित्र की पुनर्प्रस्तुति।

डिजिटल प्रणाली की अच्छी संप्रेषण गुणवत्ता विशेषतया आंतरिक टेलीफोन केबिलों के मार्गों को ग्रहण करने की दृष्टि से प्रशंसनीय है। किसी शहर में टेलीफोन एक्सचेंजों को जोड़ने वाले संयोजन केबिलों के लिए डिजिटल प्रणाली का प्रयोग किया जा सकता है, जिससे एक ही तार युग्म पर (सामान्यतया 30 चैनल) वार्तालापों की संख्या में वृद्धि हो सकती है। यह भीड़ वाले क्षेत्रों के संदर्भ में स्पष्ट रूप से लाभकारी है, जहां केबिलों को बिछाना मुश्किल और महंगा पड़ सकता है। 120 चैनल की प्रणाली विशेष अनुकूलित केबिलों में प्रयुक्त होती है। लघु कोएक्सियल ट्यूब या सूक्ष्म तरंग

मार्ग बड़ी संख्या में (उदाहरण के लिए 480) चैनल वहन कर सकती हैं जबकि वृहद् कोएक्सियल पर 1,920 या इससे भी अधिक चैनल काम में लाये जाते हैं।

डिजिटल प्रौद्योगिकी में एक नया परिवर्तन आया है जो संयोजन केबिलों से कहीं आगे तक प्रभावी होता है। डिजिटल तकनीक सभी संसूचनाओं को कम करने वाली किंतु उसी आरूप का प्रयोग करने वाली बड़ी समतलक है—चाहे वह आवाज हो, संगीत हो, चित्र हो या फिर डाटा हो। टेलीफोन तारों से भेजी जाने वाली आवाज अब डाटा बिटों के रूप में भेजी जा सकती है और जिसे कंप्यूटरों की डाटा बिटों से भिन्न रूप में नहीं देखा जा सकता। एक ही संप्रेषण पथ—केबिल सूक्ष्म तरंग या आप्टिकल फाइबर डाटा संभाल सकते हैं। तथापि डाटा संप्रेषण के लिए टेलीफोन नेटवर्क का प्रयोग 2,400 बिट प्रति सेकेंड की गति तक सीमित है। अधिक उच्च गति के लिए कुछ युक्तियों की आवश्यकता है। यह युक्ति समकारी कहलाती है और विरूपण को प्रभावहीन करके लाइनों को अनुकूलित करती है। फिर भी अधिक गति के लिए विशेष नेटवर्क की जरूरत होती है। वस्तुतया इंटिग्रेटेड सर्विसेज डिजिटल नेटवर्क (आई. एस.डी.एन.) की ओर आज रुझान है जो एक ही प्रणाली में स्वर, उच्च गति डाटा और चित्रों को संभालेगा जो मानकीकृत डिजिटल टेलीफोन नेटवर्क पर आधारित है। वास्तव में डिजिटल प्रौद्योगिकी दूरसंचार की नियति ही बदल रही है।

8

थल और जल के नीचे स्वर

सन् 1878 में स्विच बोर्ड के आविर्भाव से पहले, आरंभ के दिनों में भूसंपर्कित एक तार से ही दो टेलीफोन जोड़े जाते थे। सार्वजनिक इस्तेमाल के लिए, लंबी दूरी की 64 कि. मी. लंबी पहली लाइन 12 जनवरी 1881 को बोस्टन और प्रॉविडेंस, के बीच अमेरिका में खोली गयी थी। परिपथ में आवर्तन संवाहक के रूप में 'ग्राउंड' के साथ कलईदार (गैलवनाइज्ड) लोहे के तारों के अनेक खंड थे। सन् 1884 में बोस्टन और न्यूयॉर्क के बीच वाणिज्यिक सेवा प्रारंभ की गयी। एक ही चैनल पर एकाधिक वाक् संप्रेषित करने की कल्पना ने यथार्थ रूप ले लिया। ओपन वायर और बहुयुग्म केबिलों की क्षमता में वृद्धि की गयी। फिर भी, बैंड चौड़ाई की अपनी सीमाओं के कारण केवल 24 चैनलों तक का प्रावधान ही हो सका।

द्वितीय महायुद्ध के बाद केबिलों की संप्रेषण क्षमता में वृद्धि करने के तरीके खोजने के प्रयासों में तीव्रता आ गयी। कई सौ चैनलों की क्षमता वाले केबिलों का प्रयोग प्रारंभ हो गया। कोएक्सियल केबिल प्रणाली संयुक्त राज्य अमरीका में सन् 1929 में, बैल प्रयोगशाला में विकसित की गयी। प्रारंभ की प्रणालियों में 300 चैनलों का प्रावधान था। 640 संदेश चैनल संप्रेषित करने वाली प्रणाली तो सन् 1941 में ही स्थापित हो सकी। यह प्रणाली पूर्वी संयुक्त राज्य अमरीका के बड़े नगरों के बीच स्थापित हुई। फिर तो जल्दी ही एक सागरतट से दूसरे सागरतट तक वृहत् क्षमता वाले केबिल बिछा दिये गये।

इस प्रणाली (जो बैल लि के नाम से जानी जाती है) में बैंड चौड़ाई सीमित थी। बाद में, वाक् को संयुक्त करने और संकेतों का शक्तिवर्धन करने हेतु रिपीटर और मल्टीप्लेक्सिग उपस्कर विकसित किये गये। सन् 1953 तक संदेश चैनलों की क्षमता 1,000 अथवा 600 संदेश चैनलों और एक दूरदर्शन चैनल तक बढ़ गयी। एक अन्य प्रणाली (बैल एल-5) में प्रति ट्यूब 9,000 चैनल और एक केबिल आवरण में 22 ट्यूब होते थे। आज 300,600, 960, 1,380 और 2,700 चैनल वाली प्रणालियां तो आम हैं। 10,800 चैनल वाली प्रणालियां भी आ चुकी हैं।

कोएक्सियल केबिल

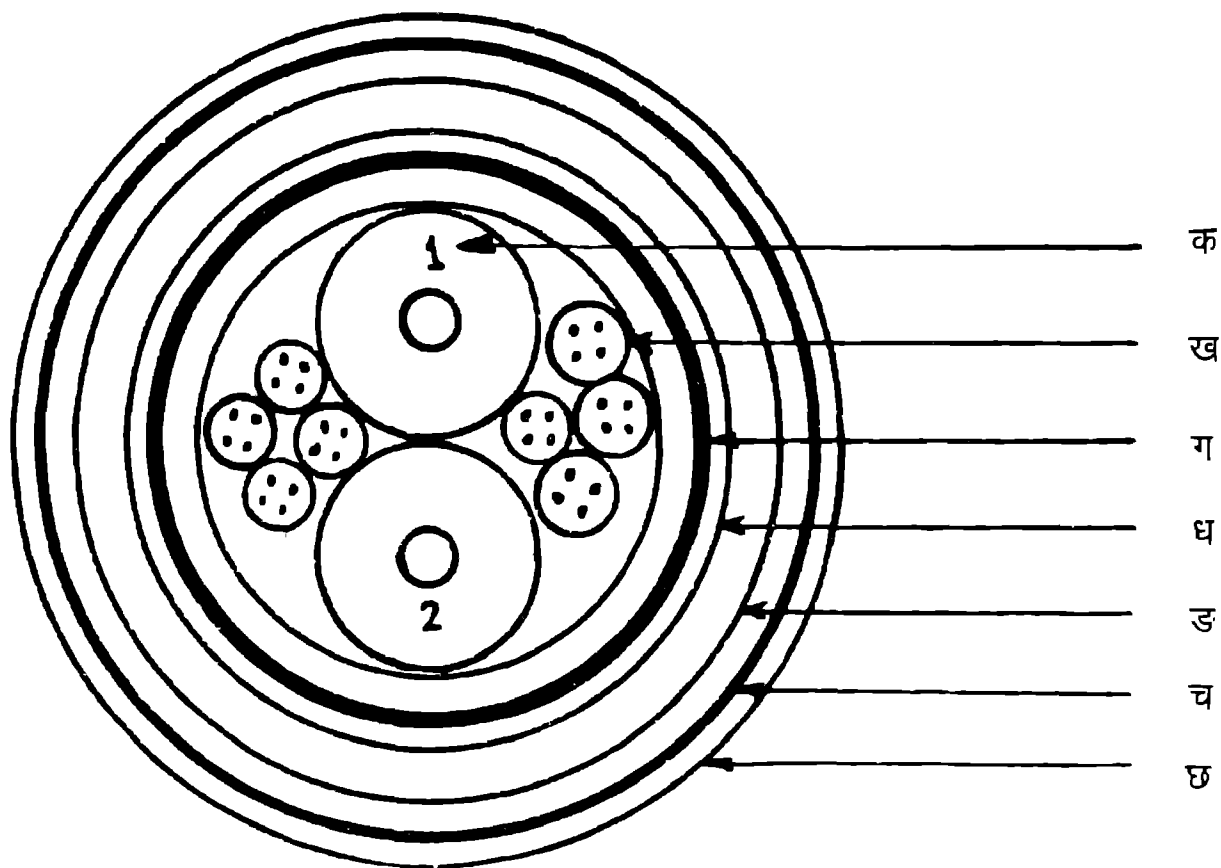
कोएक्सियल केबिल द्वारा ओपन वायर प्रणाली की सीमाएं समाप्त हुईं। मूलतः एक बेलनाकार संवाहक के केंद्र में, पेंसिल के बीच पड़े सुरमे की भांति एक तार होता है जो 'पोलिथिन फोम' की एक पर्त से आवृत रहता है। यह पर्त, तांबे के तार के एक ट्यूबनुमा कवच या फिर बिना जोड़ वाले एल्युमीनियम के आवरण से घिरी रहती है। आंतरिक और बाह्य संवाहकों की धुरी वहीं होती है। सामान्यतया एक आवरण में कई ट्यूब संयुक्त कर दिये जाते हैं। इसे बाह्य व्याघात से सुरक्षित रखा जाता है। संकेत अत्यधिक क्षीण अवस्था में रहते हैं क्योंकि विद्युत चुंबकीय संचरण केवल ट्यूब तक सीमित रहता है, उससे परे प्रसारित नहीं हो सकता। द्वितार संप्रेषण लाइन की अपेक्षा, इसमें संचालन सतह का क्षेत्र भी अधिक रहता है। इस प्रकार यह, अपेक्षाकृत उच्चतर आवृतियों को पकड़ सकता है और यही इसकी वृहद् क्षमता का रहस्य है।

इसमें, सेवायुग्मों और अंतरालीय ट्यूबों का प्रावधान किया जाता है, जिनका प्रयोग नियंत्रण संकेतों के संप्रेषण के लिए तथा रखरखाव के उद्देश्य से स्वर परियात के संप्रेषण के लिए किया जाता है। कोएक्सियल केबिल के जरिए टेलीफोन तार और टेलेक्स संकेत पहुंच सकते हैं। इसके द्वारा रेडियो कार्यक्रम भी भेजे जा सकते हैं।

यद्यपि रोधन (इंस्युलेशन) की काफी मोटी पर्त और सीसे का आवरण केबिल को सुरक्षित रखता है फिर भी चूंकि यह भेद्य होता है अतः सड़कों को चौड़ा करने के कार्यक्रम के दौरान केबिल क्षतिग्रस्त होकर वियोजित हो सकता है। केबिल द्वारा ले जाये जाने वाले संकेतों को एक निश्चित समय के बाद शक्ति प्राप्त करने की जरूरत पड़ती है। संकेतों की आवृति जितनी अधिक होगी ये संकेत उतने ही अधिक क्षीण होंगे। इसलिए रिपीटरों को समीप रखना होता है। रिपीटरों के लिए पॉवर भी इसी केबिल द्वारा पहुंचायी जा सकती है। एक बिंदु से 280 किलोमीटर तक पॉवर पहुंचायी जा सकती है। चूंकि वाक् संकेतों की अपेक्षा पॉवर की आवृति कम होती है इसलिए परस्पर टकराव नहीं होता।

कोएक्सियल केबिल विभिन्न आकारों के होते हैं जो बड़े और छोटे ट्यूब कहलाते हैं। आंतरिक संवाहक तांबे का एक सीधा तार होता है जबकि बाह्य संवाहक तांबे के टेप का बना होता है जिसे वृत्तात्मक ट्यूब के रूप में निर्मित किया जाता है। बाह्य संवाहक का आंतरिक व्यास 0.375" (9.5 मि. मी.) या 0.174" (4.4 मि. मी.) हो सकता है। पहले व्यास के संवाहक को बड़ा और बाद वाले व्यास के संवाहक को छोटा ट्यूब कहते हैं। (चित्र 19)

तांबे पर होने वाले निवेश को कम करने के लिए इसके बदले एल्युमीनियम के प्रयोग के लिए प्रयास किये जा रहे हैं। अभी हाल के अनुसंधान से एल्युमीनियम में

अधिक उपयुक्त गुण पाये गये हैं। कुछ देशों में तो केबिलों में एल्युमीनियम का प्रयोग करने पर सक्रिय रूप से विचार हो रहा है।

चित्र-19 दो मध्य भागों वाला कोएक्सियल केबिल (.375 टाइप)

क. कोएक्सियल मध्य भाग

ख. 8 क्वेड (0.9 मि. मी.), 16 युग्म जो नियंत्रण परिपथों और लघु कैरियर प्रणलियों के लिए प्रयुक्त होते हैं।

ग. सीसे का आवरण

घ. संसिक्त कागज टेप की दो पर्तें

ङ. हैसियत संस्तरण की दो पर्तें

च. पूर्व संयोजित इस्पात टेपों की दो पर्तें

छ. संसिक्त हैसियत की दो पर्तें

यद्यपि इस प्रणाली में व्याघात से पारस्परिक उन्मुक्ति के प्रावधान होने वाले ट्यूब के भीतर संवाहकों के एक युग्म पर अनेक मेगा हट्र्ज (MHZ) तक अति उच्च आवृतियों को संप्रेषित करने की गुंजाइश होती है, तथापि लाइन के सिरे पर सशक्त संकेत पाने के लिए मार्ग पर इक्वलाइजरों (समकारी) और रिपीटरों की आवश्यकता होती है। 960 चैनलों के बड़े ट्यूब वाली प्रणाली में हर 9 किलोमीटर पर और उन्हीं चैनलों को ले जाने वाले छोटे ट्यूब के लिए हर 4 किलोमीटर पर रिपीटरों की आवश्यकता पड़ती है। यदि केबिलों के जरिए और अधिक यानी 2,700 चैनल ले जाये जाने हैं

तो तत्संबंधी उच्च आवृति के कारण बड़े ट्यूबों के लिए रिपीटरों की दूरी घटाकर 4.5 कि. मी. और छोटे ट्यूबों के मामले में यह दूरी घटाकर 2 कि. मी. की जायेगी।

10,800 चैनल

10,800 टेलीफोन चैनल की वृहत्तम प्रणाली के लिए हर डेढ़ किलोमीटर पर रिपीटरों की आवाश्यकता होती है क्योंकि यह 60 मे. हट्‌र्ज की उच्च आवृति पर प्रचालित होती है।

केबिल बिछाने की लागत केबिल के आकार के अनुरूप भिन्न-भिन्न होती है। अब रिपीटरों में प्रयुक्त होने वाले ट्रांजिस्टरों के आविर्भाव में कोएक्सियल केबिलों की लागत में कमी हुई है जिससे रिपीटरों की संख्या बढ़ सकी है। जिसके फलस्वरूप उच्च आवृतियों और विस्तृत बैंड चौड़ाइयों का प्रयोग हो सकता है। इनके बेकार हो जाने की स्थिति में आने में जितना समय लगता है वह समय अर्थात् इन रिपीटरों का जीवन काल 1,000 वर्ष बतलाया जाता है जो अविश्वसनीय लगता है, वह भी उस अवस्था में जब कि यह धरती के नीचे डेढ़ मीटर गहराई पर लगाये जाते हैं।

संचार की जीवन-रेखा होने के नाते कोएक्सियल केबिलों को विद्युत निरावेश से बचाया गया है। तांबे के संवाहक इसकी देखभाल करते हैं, किंतु जब विद्युत सीसे के आवरण तक पहुंच जाती है तो पॉवर विघटित हो जाती है और लाइन जवाब दे जाती है। इस प्रकार की खराबियों में जिस स्थल पर केबिल में खराबी आती है उसका पता लगाना होता है, वह भी प्रायः बारिश और अंधकार में। केबिल को मरम्मत के लिए खोदकर बाहर निकालना होता है।

यद्यपि कोएक्सियल लाइन शून्य आवृति या फिर डी. सी. सीमा तक संकेतों को प्रेषित कर सकती है तथापि संचार के लिए न्यूनतम व्यावहारिक सीमा लगभग 60 कि. हट्‌र्ज है। प्रमुखतया इसलिए कि कोएक्सियल ट्यूब निम्न आवृति पर संकेतों को पूरी तरह सुरक्षित नहीं रख पाती। उच्च आवृति, केबिल के परिमाण एवं क्षीणन जैसे अनेक कारणों पर निर्भर करती है। संप्रेषण लाइनों पर चलने वाला सूचना प्रवाह विभिन्न फिल्टरों (इलेक्ट्रॉनिक युक्तियों) से होकर गुजरता है। ये फिल्टर उन्हीं आवृतियों को प्रेषित होने देते हैं जिनकी विभिन्न बिंदुओं पर आवश्यकता होती है। कोएक्सियल के सामान्य मार्ग पर ऐसा प्रावधान होता है कि उसमें अगल बगल के स्टेशनों से उद्‌गमित होने वाले चैनलों को संयोजित करके परियात के प्रवाह के कुछ भाग को प्राप्त किया जा सकता है।

केबिल पर टी. वी. संकेत

कोएक्सियल केबिल के जरिए एक सीमा तक दूरदर्शन संकेत भी ले जाये जा

सकते हैं। एक वीडियो संकेत का आवृति क्षेत्र शून्य से 5.5 मे. हट्‌र्ज हो सकता है। श्रव्य कार्यक्रम का आवृति क्षेत्र 50 हट्‌र्ज से 10 कि. हट्‌र्ज होता है। अतः यह स्पष्ट है कि ये दोनों एक ही चैनल पर नहीं चल सकते, अन्यथा संकेतों का परस्पर व्यापन होगा। उसी केबिल पर पॉवर नहीं दी जा सकती। फिर भी, किसी बाह्य स्थल से स्टूडियो तक, 10 किलोमीटर की दूरी तक दूरदर्शन संकेतों का एक मार्गी संप्रेषण मितव्ययी है। यह उस स्थिति में उपयोगी होगा जहां अधिक ऊंची इमारतें, दूरदर्शन संकेतों के सूक्ष्म तरंग संप्रेषण को असंभव या कठिन बना देती हैं और इस वजह से अनेक एंटेनाओं की जरूरत पड़ती है (देखें अध्याय-16)।

सन् 1947 में स्वाधीनता के समय भारत के ट्रंक नेटवर्क में पूरी तरह ओपन वायर मार्गों की व्यवस्था थी। संशोधित केबिल कैरियर प्रणालियां सन् 1950 के दशक में ही लागू की गयीं। पहली कोएक्सियल प्रणाली सन् 1959 में दिल्ली से आगरा के मार्ग में संस्थापित की गयी। शीघ्र ही आसनसोल, वाराणसी, इलाहाबाद, कानपुर, जयपुर, उदयपुर, अहमदाबाद और बंबई को इससे जोड़ दिया गया। बाद में बंबई से इस लिंक का, पूना, बेलगांव, बंगलौर, मद्रास, कोयंबतूर, एर्नाकुलम और त्रिवेंद्रम होकर दक्षिण तक विस्तार किया गया। मद्रास, कलकत्ता का मार्ग, सन् 1974 में चालू किया गया। ये प्रणालियां 300 से 10,800 चैनलों तक हैं। भारतीय नेटवर्क की एक अन्य विशेषता मौजूदा केबिलों की क्षमता बढ़ाने का कार्यक्रम है। उदाहरणार्थ, 4 मे. हट्‌र्ज प्रणाली को प्रोन्नत करके 12 मे. हट्‌र्ज प्रणाली में बदला जा सकता है ताकि उसी केबिल पर अधिक चैनल भेजे जा सकें। केबिल रिपीटर स्थलों पर केबिल को काटकर नये रिपीटरों से जोड़ना होता है। चूंकि आज अधिक विश्वसनीय संघटक उपलब्ध हैं, अतः जमीन पर धुरी में लगे हुए रिपीटरों को जमीन के नीचे लगाया जा रहा है।

एक अन्य क्षेत्र, जो बहुत मोहक तो नहीं है किंतु नगर क्षेत्र के संदर्भ में अत्यंत प्रासंगिक है–वह है तांबे पर वृहत् निवेश जो एक नेटवर्क में धरती में समा जाता है। कुछ प्रणालियों में तो तांबे पर होने वाला व्यय कुल निवेश के आधे के बराबर होता है। इसके मितव्ययतापूर्ण उपयोग और इसका विकल्प खोजने की दिशा में अनेक प्रयास हो रहे हैं। इन्हीं प्रयासों में प्लास्टिक के खोल से आवरित केबिल, अपेक्षाकृत सस्ती संयोजन तकनीकें एल्युमीनियम कंडक्टर तथा केबिल में छिद्र पता लगाने के लिए वायु दाब (अन्यथा जिनका पता केवल मानसून के दिनों में ही चल पाता है) तथा पल्स कोड मॉड्युलेशन हैं जिसके द्वारा एक ही युग्म के जरिए अधिक वाक् संकेत प्रेषित किये जा सकते हैं।

समुद्र तल की केबिलें

आयोनोस्फेयर के परावर्तित रेडियो तरंगों के रूप में पहली बार सन् 1927 में टेलीफोन वार्तालाप अटलांटिक के आरपार हुए थे। ओबान (स्कॉटलैंड) तथा क्लारेन विले (न्यूफाउंडलैंड) के बीच ठीक 36 बातचीतों के लिए सन् 1956 में पार-अटलांटिक केबिल (टी ए टी-1) चालू हुआ। उसके तुरंत बाद यू. के. और फ्रांस के बीच टी ए टी–2 शुरू हुआ। एक नयी पद्धति के द्वारा टी ए टी-1 की क्षमता में वृद्धि की गयी। इस तकनीक को टाइम एसाइन्मेंट स्विच इंटरपोलेशन (टासी) कहा गया जो वाक् चैनलों की संख्या दोगुनी कर देता है। किसी संकेत की मौजूदगी में बोलने वाले को चैनल संयोजित करके यह ऐसा अनिवार्य रूप से करता था। एक नयी नियमन प्रणाली भी व्यवहृत हुई जिसमें 4 कि. हट्‌र्ज की आवाज के चैनल को घटाकर 3 कि. हट्‌र्ज कर दिया गया। चैनलों के बीच की दूरी भी 100 या 200 हट्‌र्ज छोटी कर दी गयी, जिसके परिणामस्वरूप 72 द्विगुणित और डिजाइन की हुई क्षमता के चैनल प्राप्त हुए।

ब्रिटिश पोस्ट ऑफिस (जैसा कि यह उस समय जाना जाता था) के द्वारा कम वजन वाले केबिल की खोज और दीर्घजीवी रिपीटरों के साथ वस्तुतया समुद्र के भीतर केबिलों का फैलाव शुरू हुआ। पहली बार सन् 1961 में यह नया केबिल स्कॉटलैंड और न्यूफाउंडलैंड के बीच कैंटेट-1 के नाम से जाना गया। बाद में यह केबिल दूसरे संपर्क में व्यवहृत हुआ। यह परिवर्तन एक चमत्कारिक युक्ति रिपीटरों के साथ आया जो उनकी यात्रा के क्रम में नियमित अंतराल पर कॉलों की ध्वनि में वृद्धि करने के लिए समुद्र के नीचे लगायी जाती हैं। समुद्रीय तापमान के परिवर्तन के अनुसार संकेतकों की प्राप्ति संख्या परिवर्तित होती रहती है। बिना रिपीटर के प्राक्-युद्ध केबिल पथ मुश्किल से 130 कि. मी. तक जा सकता था।

सबमैरिन केबिल रिपीटर में व्यवहृत विश्व के प्रथम सिलिकॉन ट्रांजिस्टर प्रस्तुत करने वाले व्यक्ति हैं–डेनीस बैकर (जन्म 1933)। इस नयी युक्ति से यह सत्यापित हुआ कि जब तक केबिल ठीक स्थिति में रहेगा (20-25 वर्ष) रिपीटर विश्वसनीय रहेगा। ट्रांजिस्टर की क्रिया उपयुक्त सामान्य स्थितियों में जांची गयी। परीक्षण के दौरान पाया गया कि इसमें मामूली सी गैस निकलने में 26 वर्ष लगेंगे। वाल्व एंप्लीफायर के विपरीत रिपीटरों को बहुत ही कम पॉवर की जरूरत होती है।

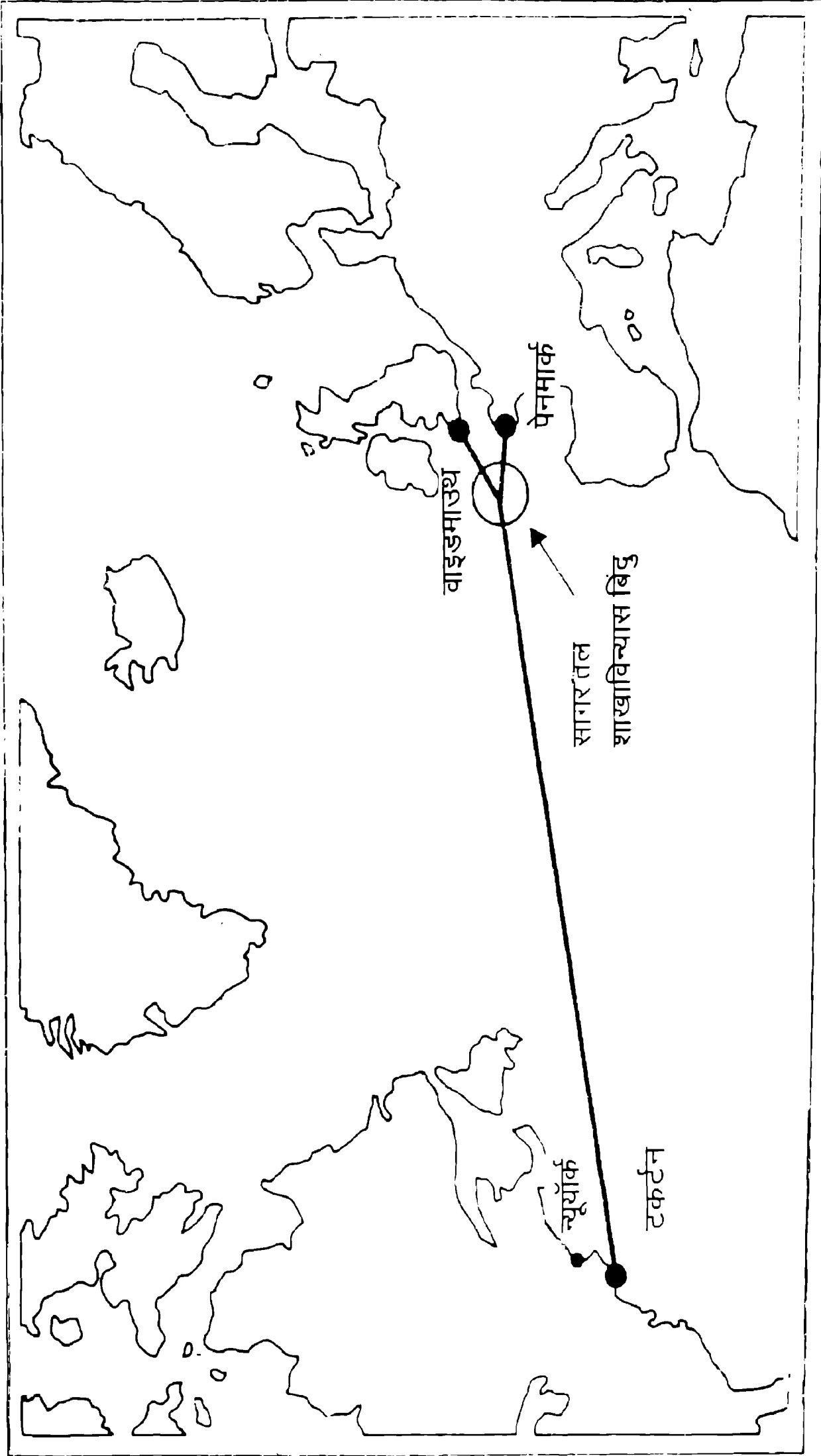
अर्द्धसंवाहक युक्तियों का प्रयोग सर्वप्रथम यूरोप में संपर्कों के लिए किया गया। 720 परिपथों से अधिक क्षमता वाला टी ए टी-5 केबिल सन् 1970 में यू.एस.ए. तथा स्पेन के बीच चालू किया गया। सन् 1974 में कैंटेट-2 इंग्लैंड और कनाडा के बीच 1,840 परिपथ के साथ शुरू हुआ जो उस समय तक अटलांटिक पार का सबसे बड़ा इकलौता टेलीफोन केबिल था। संयुक्त राज्य अमरीका और फ्रांस के बीच 4,000

परिपथों के साथ टी ए टी- 6 द्वारा इसका अनुसरण किया गया। लंदन और न्यूयॉर्क के बीच वीडियो कांफ्रेंस के साथ 1983 में दूसरे 4,200 परिपथों के साथ अन्य संपर्क टी ए टी-7 चालू हुआ। संयुक्त राज्य अमरीका, कनाडा और यूरोप के बीच फोन कॉलों के अतिरिक्त इसे कंप्यूटर डाटा और टेलेक्स के लिए भी प्रयोग किया जा सका। इसमें यूरोप और उत्तरी अमरीका के बीच टी ए टी-8 आखिरी है। इसमें सर्वप्रथम ऑप्टिकल फाइबर संपर्क है जो एक साथ 40,000 फोन कॉल के बराबर कॉल संप्रेषित कर सकता है। यह अटलांटिक के तल में एक छोर से दूसरे छोर तक बाल से भी पतले शीशे के परिपथों पर लेसर निष्पादित प्रकाश की थिरकनों के रूप में आवाज, कंप्यूटर और वीडियो कॉल संप्रेषित करता है। सागर-तल संयोजन बॉक्स के रूप में इसके लिए यह एक अन्य सर्वप्रथम श्रेय है, जिससे यह तीन देशों में पहुंचने में सक्षम है (चित्र 20)। डी ए टी-8 , प्रशांत महासागर में प्रथम ऑप्टिकल फाइबर द्वारा हुआ है। दूसरा अटलांटिक संपर्क टी ए टी-9, एक साथ 80,000 कॉल की क्षमता के साथ शीघ्र ही तैयार हो जाएगा।

केबिल प्रणाली की खराबियों पर कंप्यूटर की सहायता से नजर रखी जाती है। कुछ ही मिनटों के अंतर से स्वतः ही इसकी जांच होती रहती है, खराबी मिलते ही उधर टर्मिनल पर घंटी बज जाती है। शुरू शुरू में केबिल मौजूद जहाज मार्गों के किनारे बिछाये जाते थे। आज समुद्र में गहरी खाइयों से हटकर भूकंप केंद्रों से सर्वथा दूर तथा ऊबड़-खाबड़ पर्वत श्रेणियों से बच पाना संभव हो गया है, क्योंकि समुद्र विज्ञानी इनसे संबंधित अनेक जानकारियां दे देते हैं। भूकंप, भू-स्खलन, जहाजों के लंगरों और जलपोतों से केबिल कट कर बह सकते हैं। अधिकतर क्षति उथले पानी में होती है। उदाहरणार्थ टी ए टी-6 पहला टेलीफोन केबिल है जो जलपोतों के व्यवधान से बचने के लिए 2,000 मीटर गहरा डाला गया है। विशेष साधनों से युक्त केबिल जहाज केबिलों की मरम्मत करके उन्हें अच्छी स्थिति में बनाये रखते हैं।

एक बढ़िया पूरक

समुद्र के नीचे की केबिलों की क्षमता में वृद्धि से केबिल प्रणाली, उपग्रहों की अच्छी पूरक सिद्ध हुई है। उपग्रहों और केबिलों के जरिए सुदूर देशों के लिए संपर्क संप्रेषित होते हैं। उदाहरण के लिए बंबई से न्यूयार्क के लिए एक कॉल, इंग्लैंड तक उपग्रह के जरिए और वहां से आगे समुद्री केबिल के जरिए प्रेषित होगी। तकनीकी समस्याओं से बचने के लिए दो उपग्रहों के प्रयोग में 'दोहरी कूद' की उपेक्षा की जाती है।

ऐसे केबिल जो फोन कॉल तथा अन्य सेवाएं संभाल सकते हैं 'वाइड बैंड' संपर्क कहलाते हैं। एक ओर जहां अटलांटिक और प्रशांत महासागर में ऐसे संपर्कों की वृद्धि हो रही है, वहां हिंद महासागर में कुछ ही ऐसे संपर्क हैं। सबसे लंबे दूरसंचार केबिलों

चित्र-20: अटलांटिक पार प्रकाशीय तंतु संपर्क (टी ए टी-8) : अटलांटिक के नीचे पहले सात केबिल, यद्यपि दीर्घकालीन रिपीटरों से युक्त है; तथापि पारस्परिक संपर्क है।

में से एक अॅन्जकॅन नामक केबिल 15,000 किलोमीटर (8,100 समुद्री मील) तक आस्ट्रेलिया, न्यूजीलैंड, फिजी, हवाई और कनाडा के बीच फैला हुआ है। सन् 1984 में उद्घाटित यह केबिल कनाडा और आस्ट्रेलिया के बीच एक बड़े मार्ग पर एक साथ 1,380 फोन परिपथों को वहन कर सकता है। यह डाटा संप्रेषण, टेलेक्स और फैसिमिल की बढ़ती हुई मांग को पूरा कर सकता है। गुआम और फिलीपाइंस के बीच समुद्र तल में एक ऑप्टिकल फाइबर केबिल भी डाला गया है।

9

अदृश्य विशद पथ

लंबी दूरी के संप्रेषण अब केवल अकेले भू-गर्भीय केबिल पर निर्भर नहीं हैं। लगभग 1,000 मे हट्र्ज की रेडियो तरंग जो सूक्ष्म तरंग कहलाती है, टेलीफोन तार और दूरदर्शन संकेतों के संप्रेषण में प्रयोग होती है।

सूक्ष्म तरंगों की प्रकृति प्रकाश की तरंगों के समान होती है और सामान्यतया ये सपाट भूमि पर दृष्टि रेखा की भांति सीधे आगे बढ़ती हैं। सूक्ष्म तरंग संकेत सामान्य ऊंचाई वाले एंटेनाओं के होने पर सामान्यतया 80 किलोमीटर तक भू-चाप से उत्पन्न बाधा से बगैर बाधित हुए आगे बढ़ती हैं। तथापि जमीन और विस्तारण करने वाले साधनों की प्रकृति वास्तविक दूरी पर निर्भर करती है। सूक्ष्म तरंग संकेतों को लंबी दूरी तक संप्रेषित करने के लिए रिपीटरों की आवश्यकता होती है। एंटेनाओं के द्वारा रिपीटर संकेत को प्राप्त कर उसे परिवर्धित करके संप्रेषित करते हैं। रिपीटरों के बीच की दूरी सामान्यतया 40 से 50 कि मी. की होती है। किंतु चूंकि यह प्रकाश रेखा की अवस्था पर निर्भर करती है अत: यह दूरी अधिक भी हो सकती है। उदाहरण के लिए, उत्तर-पूर्वी भारत में टाइगर हिल और कटिहार के बीच यह दूरी 186 कि मी. लंबी है।

द्वितीय विश्व युद्ध के दौरान राडार के प्रयोग तथा एंटेनाओ और संबद्ध रेडियो उपस्कर के विकास के पश्चात् सूक्ष्म तरंग संपर्कों का उपयोग शुरू हो गया। संयुक्त राज्य अमरीका में सूक्ष्म तरंगों का व्यावसायिक इस्तेमाल दूरदर्शन संप्रेषण तथा टेलीफोन संकेतों के लिए सन् 1984 में प्रारंभ हुआ।

240 चैनलों की टेलीफोन प्रणाली पहले न्यूयॉर्क और बोस्टन के बीच प्रारंभ हुई। तत्पश्चात् टेलीविजन के लिए एक वीडियो चैनल भी उपलब्ध करवाया गया। सन् 1962 तक यू. एस. ए. में, अधिकतर अंतर्नगरीय वीडियो परिपथ और आधे से कुछ ही कम लंबी दूरी के टेलीफोन परिपथ सूक्ष्म तरंग संपर्कों के जरिए स्थापित हुए।

सॉलिड स्टेट घटकों के उपलब्ध हो जाने के बाद सूक्ष्म तरंग चैनलों की क्षमता में पर्याप्त वृद्धि हुई है। प्रारंभ के दिनों में एक रेडियो धारक पर 240 टेलीफोन परिपथ

संप्रेषित करने की सीमा थी, जहां अब 2,700 टेलीफोन परिपथ संप्रेषित करना संभव हो गया है। हालांकि भिन्न भिन्न आवृतियों पर, फिर भी एक ही एंटेना से अनेक रेडियो चैनल संप्रेषित किये जा सकते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका में विभिन्न रेडियो आवृति बैंडों का प्रयोग करते हुए एक ही एंटेना पर हर दिशा में 20,000 चैनल प्रयोग किये जाते हैं।

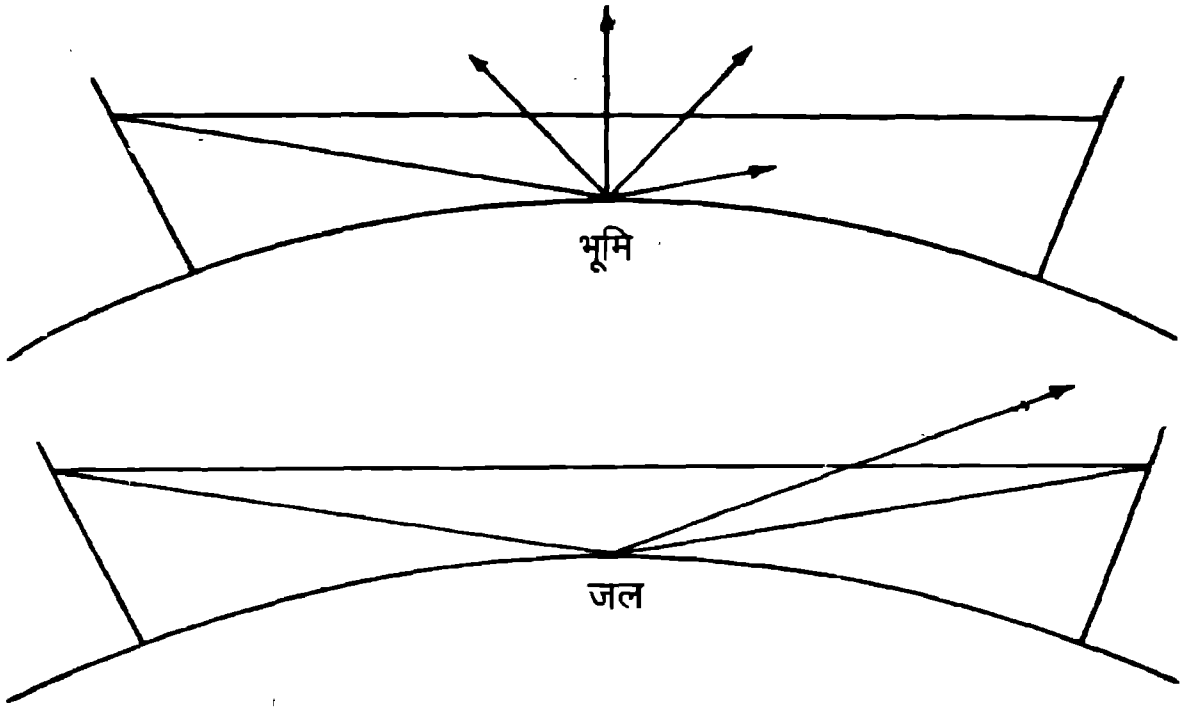
भारत में एक ही रेडियो आवृति चैनल पर 1,800 टेलीफोन चैनल अथवा एक रंगीन टी. वी. कार्यक्रम वहन करने में समर्थ सूक्ष्म तरंग प्रणालियां संस्थापित कर दी गयीं। इसी क्षमता की अन्य प्रणालियां भी विकसित हो गयी हैं और ये स्वदेश में ही उत्पादनाधीन हैं।

प्रत्यक्ष एवं परावर्तित तरंगें

जब उर्जा एक स्थल से दूसरे स्थल तक सूक्ष्म तरंग आवृतियों पर संप्रेषित की जाती है तब चार प्रकार की तरंगें हो सकती हैं। सतही तरंगें और आकाशीय तरंगें, सूक्ष्म तरंगें जो संप्रेषण के लिए महत्वपूर्ण नहीं होतीं। आमतौर पर जब सूक्ष्म तरंग प्रत्यक्ष तरंग संकेतों पर निर्भर करती हैं तब कुछ मामलों में प्रतिबिंबित तरंगें भी महत्वपूर्ण होती हैं। स्थल से स्थल तक की प्रणाली में एंटेना की रश्मि-विस्तृति ऐसी होती है कि जमीन से होने वाला परावर्तन सदा विद्यमान रहता है।

—जमीन खुरदरी सतह के रूप में काम करती है जबकि जल की सतह सहज और चिकनी होती है। यदि सतह खुरदरी हो तो ऊर्जा बिखर जाती है और संप्रेषण को प्रभावित नहीं करती, जबकि पानी संकेत को प्रतिबिंबित कर सकता है (चित्र–21)।

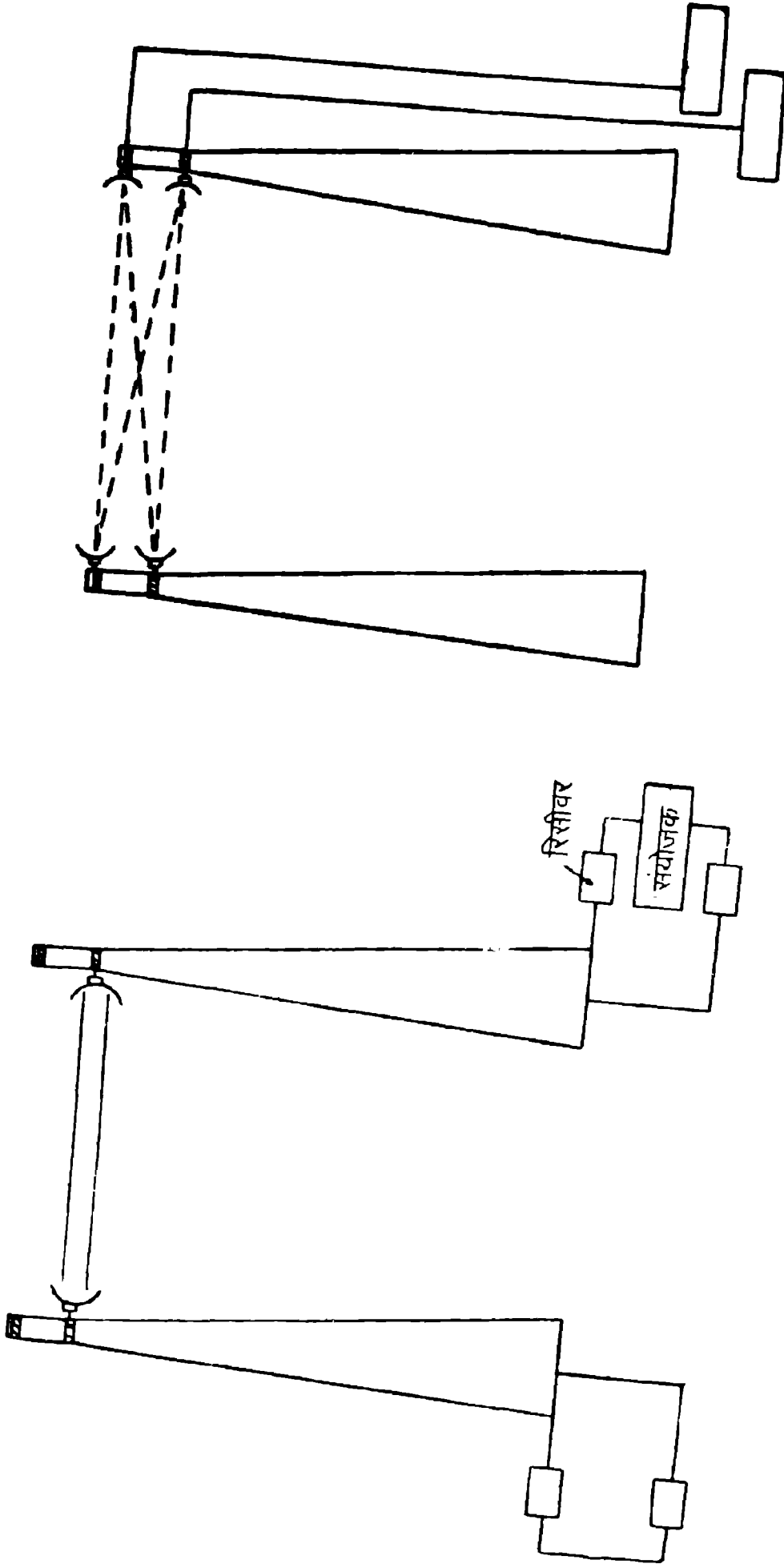
प्रत्यक्ष संकेत की तुलना में प्रतिबिंबित संकेत क्षीण हो सकता है अथवा गायब भी हो सकता है। किंतु जब यह सशक्त होता है तब यह संकेत की शक्ति में वृद्धि कर सकता है या फिर उसे पूरी तरह समाप्त कर सकता है। यह सब फेज डिफरेंस (काल अंतर) पर निर्भर करता है। जब दो संकेत परस्पर कला में होते हैं, तो एक दूसरे से जुड़ सकते हैं। यदि वे शक्ति में बराबर हैं तो संयुक्त संकेत की शक्ति किसी एक संकेत की शक्ति की दुगुनी होगी और दूसरी ओर, यदि वे कला विरोध में हैं तो एक दूसरे को समाप्त कर सकते हैं।

अध्ययन से पता चलता है कि परावर्तन 130 प्रतिशत तक स्वीकार्य होता है। यदि पानी को पार करने जैसी स्थिति है तो पानी से होने वाले प्रतिबिंबन से बचने के लिए एंटेनाओं को समायोजित किया जा सकता है। अभिग्राही छोर पर प्रत्यक्ष एवं प्रतिबिंबित संकेतों के बीच ठीक तालमेल सुनिश्चित करने के लिए हिसाब लगाकर देखना होगा।

चित्र-21 जमीन खुरदरी सतह का कार्य करती है और ऊर्जा को बिखेरती है जबकि शांत जल प्रतिबिंबन द्वारा संप्रेषण को प्रभावित कर सकता है।

सूक्ष्म तरंग संकेत जैसे जैसे आगे बढ़ते हैं टॉर्च के प्रकाश की किरणों की तरह फैलते जाते हैं। एक डिग्री किरण 50 किलोमीटर के फासले पर लगभग 1 किलोमीटर फैलती है। सिद्धांततया यह किरण एक नहीं रहती बल्कि असंख्य किरणों में फैल जाती है। प्रत्येक घटक का अपना एक पथ होता है, जो कि प्रतिबिंबन और अपवर्तन की तरंग पर निर्भर करता है। संप्रेषित किरण की शक्ति भी जैसे जैसे आगे बढ़ती है घटती जाती है। अभिग्रहीत संकेत क्षीण रहता है और इसलिए ट्रांसमीटर से होने वाले निर्गत को इसकी पूर्ति करनी होती है। 10,000,000,000 का शक्ति प्रवर्धन अनिवार्य होता है।

संकेत-क्षीणन की समस्या

अभिग्रहीत संकेत की तीव्रता में घट-बढ़ होती है और इसलिए क्षीणन न्यूनतम हो, इसके लिए विशेष कदम उठाने की जरूरत होती है। इसके लिए एक तरीका तो यह है कि एक ही सूचना या तो दो मार्गों पर या दो आवृतियों पर भेजी जाये। यह मानना सुरक्षात्मक होता है कि एक साथ दोनों क्षीण नहीं होंगे (चित्र-22)।

जहां संप्रेषण के दो मार्ग उपलब्ध हैं वहां यह तकनीक 'अंतराल भिन्नता' कहलाती है जबकि दूसरी पद्धति को 'आवृति-भिन्नता' कहते हैं। 'अंतराल भिन्नता' में आवृति तो वही प्रयोग होती है किंतु दो एंटेनाओं को उर्ध्वरूप से पृथक किया जाता है। सूचना का संप्रेषण और अभिग्रहण दो मार्गों पर किया जाता है। आवृति भिन्नता में एक ही सूचना भेजने के लिए दो भिन्न आवृतियां प्रयोग की जाती हैं। यह पद्धति कम खर्चीली

चित्र-22 संप्रेषण में सूक्ष्म तरंग की विश्वसनीयता सुनिश्चित करने की दो पद्धतियां। आवृति भिन्नता पद्धति (बाएं) में एक ही सूचना को भेजने के लिए दो भिन्न आवृतियां प्रयुक्त करती है। जबकि 'अंतराल-भिन्नता' तकनीक में एक ही आवृति पर संप्रेषण के लिए दो और मार्ग होते हैं।

है और, प्रचालन व रख-रखाव की दृष्टि से सरल है। तथापि प्रयोग के लिए, उपलब्ध आवृतियों की संख्या सीमित साधन है। विभिन्न आवृतियों को, 'पारस्परिक व्याघात' से बचाने के लिए उनमें अंतर भी करना होगा। यह एंटेना की क्षमता और प्रयोग की गयी आवृतियों पर निर्भर करता है।

कुछ मामलों में जहां आर्थिक और प्रचालनात्मक लाभ अनुकूल हों, वहां 'अंतराल-भिन्नता' पद्धति प्रयोग की जाती है। इस पद्धति में दो एंटेनाओं और संबंधित वस्तुओं के दोहरे प्रावधान से लागत में निस्संदेह वृद्धि होगी। क्योंकि टॉवर की ऊंचाई में वृद्धि से लागत में भी वृद्धि होती है। अतः एंटेनाओं के उर्ध्व अंतराल का भी अध्ययन किया गया है। ऐसा प्रतीत होता है कि एंटेनाओं का उर्ध्व अंतराल, चूंकि उच्च आवृतियों का प्रयोग किया जाता है, घटाया जा सकता है। उदाहरण के लिए, 2 गि. हट्र्ज पर लगभग 20 एम. से 26 एम. तक का अंतराल आवश्यक है जबकि 11 गि. हट्र्ज पर केवल 18 एम. से 10 एम. का अंतराल ही आवश्यक है।

'अंतराल-भिन्नता' केवल प्रति छलांग के आधार पर ही की जा सकती है। दूसरे शब्दों में प्रत्येक रिपीटर स्टेशन को दो एंटेनाओं का प्रावधान करना चाहिए और हरेक रेडियो आवृति चैनल की अपनी 'भिन्नता' होनी ही चाहिए। चूंकि एक ही संदेश के लिए दोनों चैनल प्रयोग किये जाते हैं, अतः दोनों में से किसी का यदा-कदा भी, संदेश संप्रेषित करने के लिए प्रयोग नहीं किया जा सकता।

एक ही संदेश चाहे दो भिन्न भिन्न एंटेनाओं के जरिए प्राप्त होता है या दो आवृतियों पर, आने वाले संकेत पृथक पृथक प्राप्त होते हैं परंतु निर्गत के लिए संयुक्त कर दिये जाते हैं। मान लीजिए कि संप्रेषण पथ लंबाई की दृष्टि से भिन्न हैं तो संकेत उपयुक्त ढंग से अभिग्रहीत नहीं होंगे। उदाहरण के लिए 6 गि· हट्र्ज पर मात्र आधे इंच का अंतर भी दो संकेतों को 'कला' से बाहर कर देगा इसलिए स्वतः ही विरूपण का आभास करके उसे ठीक कर देने का प्रावधान किया गया है।

विश्वसनीयता सुनिश्चित करना

संकेत की विश्वसनीयता कई बातों पर निर्भर करती है। इनमें, पथ की ऊंचाई, लंबाई, जमीन, मौसम तथा प्रयोग की गयी आवृतियां शामिल हैं। उदाहरण के लिए कलकत्ता–बेलमुरी सूक्ष्म तरंग सेक्शन में आर्द्रता और तापमान संप्रेषण तरंगों के विस्तारण को प्रभावित करता है दूसरे चैनलों से किसी प्रकार का कोई व्याघात न होने पर भी प्रणाली में अंतर्भूत ऊष्मीय शोर हो सकता है और फिर जब दो या दो से अधिक आवृतियां मिल जाती हैं तो अंतर्नियमन शोर हो सकता है और दूसरे संकेत द्वारा व्याघात उत्पन्न हो सकता है। दीर्घ तरंग-गाइड जो एंटेना से उपस्कर कक्ष तक संकेतों को संचालित करती हैं, भी शोर उत्पन्न कर सकती हैं।

संपर्क की विश्वसनीयता को सुनिश्चित करने के लिए, 'तुरंत-विकल्प' जो कि एक चैनल समूह के काम बंद कर देने की स्थिति में तुरंत प्रचालित हो जाता है, का प्रावधान करना सामान्य है। उदाहरण के लिए, दिल्ली और बंबई के बीच मुख्य सूक्ष्म तरंग मार्ग में पृथक पृथक 1,800 टेलीफोन चैनल की क्षमता वाले दो समूह हैं जबकि समान क्षमता वाला तीसरा समूह 'तुरंत विकल्प' का कार्य करता है। इसमें संरक्षण स्विचन की भी व्यवस्था है। यह परियात युक्त चैनल समूह की असफलता का आभास कर लेता है और स्वतः ही 'तुरंत विकल्प' को चालू कर देता है। ऐसा करते समय, संदेश-परियात अथवा दूरदर्शन संप्रेषण को वरीयता देने के लिए कार्यक्रम तैयार किया जा सकता है। रिपीटर स्टेशनों के लिए सतत पॉवर आपूर्ति की जाती है और दूरवर्ती पर्यवेक्षण किया जाता है। इस प्रणाली में 'मास्टर कंट्रोल' को जानकारी रहती है कि समूची लाइन पर क्या कुछ हो रहा है।

स्थगित संकेत

सूक्ष्म तरंग संकेतों को कम और अधिक दूरी पर ले जाने के लिए जटिल प्रणालियां विकसित हो गयी हैं। विभिन्न तकनीकें विकसित हो चुकी हैं जो इस बात पर निर्भर करती हैं कि संकेतों को मार्ग में स्थानीय टेलीफोन या टी. वी. नेटवर्क के साथ अंतःसंयोजन के लिए रिपीटर स्थलों पर ही स्थगित कर दिया जाये अथवा आखिरी गंतव्य पर उनकी आवश्यकता होगी। तदनुसार, दो प्रकार के रिपीटर होते हैं जो आधार बैंड रिपीटर और माध्यमिक आवृति रिपीटर कहलाते हैं। इनमें से प्रत्येक रिपीटर सूक्ष्म तरंग कैरियरों को मॉडुलित करने के लिए विभिन्न तरीकों का प्रावधान करता है(वृहत् जानकारी के लिए परिशिष्ट-2 देखें)।

किसी रिपीटर स्टेशन पर, आने वाला संकेत किंचित भिन्न आवृति पर भेजा जाता है ताकि व्याघात की परेशानी से बचा जा सके। आने और जाने वाले संकेतों के बीच कम से कम 100 मे· हट्र्ज का अंतर रखा जाता है। यदि रिपीटरों को सीधी कतार में रखा जाता है तो रिपीटर 'ख' के लिए रिपीटर 'क' से प्राप्त होने वाले संकेत रिपीटर 'घ' पर पहुंच सकते हैं। इससे बचने के लिए रिपीटरों की अवस्थिति का सावधानी पूर्वक नियोजन किया जाता है। उदाहरण के लिए 'छह हॉप–लिंक' प्रणाली में, एक मॉडुलन स्टेशन से दूसरे मॉडुलन स्टेशन तक सूक्ष्म तरंग संकेत छह बार अभिग्रहीत और संप्रेषित होता है।

स्थिर सूक्ष्म तरंग संपर्कों के लिए नियत मौजूदा बैंड 2 गि· हट्र्ज से 13 गि· हट्र्ज के बीच सामान्यतया 2, 4, 6, और 7 गि· हट्र्ज के इर्दगिर्द हैं। यदि 10 गि· हट्र्ज से अधिक की आवृतियां प्रयोग की जाती हैं तो वर्षा से इन संकेतों के क्षीण होने के कारण रिपीटर स्टेशनों को पास पास रखना होगा।

उच्च आवृति संपर्क

जहां चौड़े बैंड चैनलों की आवश्यकता नहीं होती वहां बहुत उच्च आवृति (30-300 मे॰ हट्‌र्ज) और अति उच्च आवृति (300-3,000 मे॰ हट्‌र्ज) बैंडों पर रेडियो संपर्कों का प्रयोग हो सकता है। इसकी निचली सीमा 30 मेगा हट्‌र्ज के करीब है जहां संकेतों को प्रतिबिंबित करने में आयन मंडल की कोई भूमिका नहीं होती। ऊपरी सीमा उन आवृतियों के नीचे होती है जिनके लिए सूक्ष्म तरंग प्रणालियां प्रयुक्त होती हैं। व्यवहार में ऊपरी सीमा 1,000 मे॰ हट्‌र्ज है।

बहुत उच्च आवृति में 24 चैनल तक और अति उच्च आवृति में 60 से 120 चैनल तक संभव हैं जहां दूरदर्शन की आवश्यकता नहीं होती वहां बहुत उच्च आवृति और अति उच्च आवृति में से किसी एक को चुना जा सकता है। जब ऐसे संपर्क संतोषजनक या मितव्ययता पूर्ण ढंग से निर्धारित जंक्शन केबिलों से संयोजित नहीं किये जा सकते तब स्थानीय और बड़े एक्सचेंजों के बीच इनका प्रावधान किया जा सकता है।

30 मे. हट्‌र्ज से 1,000 मे. हट्‌र्ज के आवृति स्पेक्ट्रम में इन संपर्कों के लिए बैंड-चौड़ाई की आवश्यकता कम ही होती है। अपेक्षाकृत निचली आवृति पर, यहां तक कि असम भू प्रदेश तक भी, तीक्ष्ण प्रतिबिंब संकेतों को प्रभावित कर सकते हैं। 60 टेलीफोन चैनल के प्रावधान वाले ऐसे मार्गों पर अति उच्च आवृति संपर्क स्थापित किये जाते हैं जिन पर परियात प्राप्त करना अभी शुरू होना है। परियात की आवश्यकता का तकाजा होने पर ऐसे मार्गों पर पूर्ण रूप से सूक्ष्म तरंग प्रणाली का प्रावधान कर दिया जाता है। अति उच्च आवृति संपर्क ऊंचे-नीचे भू-भाग युक्त मार्गों के लिए भी पूरी तरह उपयुक्त हैं। 400 मे. हट्‌र्ज पर कार्य करने वाली ऐसी प्रणालियां राष्ट्रीय नेटवर्क का अंग हैं। निकटवर्ती गांवों से संपर्क करने के लिए, बिना भूमिगत टेलीफोन केबिल या शिरोपरि तार बिछाए, देहातों में बहुत उच्च आवृति संपर्कों का प्रयोग किया जा सकता है। इस काम के लिए, भारत में आई. टी. आई. ने 'रुराफोन' नामक उपकरण बनाया है जिसका मूल्यांकन हो रहा है। यह उपकरण वाक् संकेतों को ब॰ उच्च आवृति रेडियो तरंगों में परिवर्तित कर देगा। ये रेडियो तरंगें समीप के गांव या कस्बे में एक अन्य एंटेना पर रश्मित की जायेंगी। जहां ये या तो समाप्त हो जायेंगी या फिर टेलीफोन नेटवर्क में जुड़ जायेंगी। उदाहरण के लिए इलाहाबाद के समीप का गांव दिल्ली के समीप के गांव से इसी प्रकार संपर्क कर सकता है। संबंधित कॉल इलाहाबाद और दिल्ली के एक्सचेंजों के माध्यम से जायेगा। अनिवार्य रूप से मंद परियात क्षेत्रों की जरूरत पूरी करने की दृष्टि से बहुत उच्च आवृति संपर्क कुछ मामलों में मितव्ययतापूर्ण हो सकते हैं।

भारत इलेक्ट्रॉनिक्स ने आम जनता के प्रयोग के लिए वी. एच. एफ., यू. एच. एफ. और सूक्ष्म तरंग श्रेणियों में उपस्कर विकसित और निर्मित किया है। इन उत्पादनों में सेटेलाइट से प्राप्ति हेतु दूरदर्शन के लिए 'केबिल प्राप्ति' एंटेना, कलकत्ता मेट्रो रेलवे के लिए वी. एच. एफ. संचारण प्रणाली 'टनल-टू-ट्रेन' रेलवे के लिए डिजिटल रेडियो उपस्कर, तेल और गैस पाइप लाइन संचार, पावर नेटवर्क तथा पुलिस एवं वन्य प्राणी बोर्ड शामिल हैं।

क्षोभ वितरक संपर्क

सूक्ष्म तरंग आवृतियों पर, रेडियो तरंगें सामान्यतया 'दृष्टि रेखा' संचार के लिए प्रयुक्त होती हैं। किंतु कुछ प्रदेश ऐसे होते हैं जहां सूक्ष्म तरंगों के लिए आवश्यक, टॉवर स्थापित नहीं हो सकते। पर्वत, झीलें अथवा ऊबड़ खाबड़ क्षेत्र ऐसे स्थान हैं जहां सूक्ष्म तरंग संपर्क स्थापित नहीं किये जा सकते। हां, आयन मंडल में परिवर्तनशीलता की स्थिति में सामान्य रेडियो संचार अवश्य संभव होता है।

ऐसे क्षेत्रों में, संचार स्थापित करने के लिए एक अन्य उपाय अपनाया जाता है। इस पद्धति में आयन मंडल का उपयोग करने के बजाय ऐसे क्षेत्र में नीचे के भू-भाग का उपयोग किया जाता है जिसे क्षोभ मंडल (ट्रॉपोस्फियर) कहते हैं। यह क्षेत्र पृथ्वी का निचला वायुमंडल वाला क्षेत्र होता है, क्षोभ मंडल में व्याप्त अस्थिरता सूक्ष्म तरंगों को बिखरा देती है और कुछ तरंगें वापस पृथ्वी की ओर टकराती हैं। ये तरंगें क्षितिज से अत्यंत परे के एरियलों के लिए प्रत्यक्ष हो जाती हैं। यह उसी प्रकार है, जिस प्रकार सर्चलाइट की किरण दिखायी नहीं देते हुए भी उसकी चमक दिखलायी देती है। 'क्षोभ मंडलीय प्रकीर्णन संचार' के लिए शक्तिशाली रेडियो संकेत अपेक्षित है। हालांकि इसके बावजूद इसके काम में आने लायक वापसी संकेतों की भी लाखों गुना शक्ति घट जाती है। फिर भी अच्छा संचार प्रदान करने के लिए, विशेष तकनीकों द्वारा इन संकेतों को पकड़ा जा सकता है।

क्षोभ वितरक की प्रथम अभिलिखित जांच संभवतया 1933 में मार्कोनी द्वारा की गयी। एक व्यावहारिक ट्रॉपों संपर्क का सुझाव सन् 1952 में बैल कंपनी ने दिया था। इसका सर्वप्रथम अनुप्रयोग रक्षात्मक कार्य के लिए किया गया प्रतीत होता है। किसी ट्रॉपोलिंक की क्षमता सामान्यतया 120 चैनल तक सीमित थी जबकि कुछ प्रणालियों में 300 चैनल होते हैं। क्षोभ मंडलीय संपर्क बिना रिपीटरों के 800 कि॰ मी॰ तक का क्षेत्र आवरित कर सकते हैं। कुछ विशेष प्रकार के संपर्कों द्वारा 240 कि॰ मी॰ तक का क्षेत्र आवरित हो सकता है। इसके लिए अत्यंत शक्तिशाली ट्रांसमीटर आवश्यक है। इनमें 200 वाट से कम क्षमता के लिए 1 से 10 कि॰ वाट

तक का अंतर होता है। 800 कि॰ मी॰ तक के लंबे क्षेत्र के लिए 50 या 100 कि॰ वाट का उपयोग किया जा सकता है। पॉवर संप्रेषण की बढ़ती हुई मांग को पूरा करने हेतु, ट्रॉपो संपर्कों के लिए विशेष 'बिल बोर्ड एंटेना' लगाये जाते हैं। इसके लिये 10 एम॰ से 40 एम॰ तक व्यास वाले 'अधि-प्राप्ति परवलयिक' एंटेना प्रयुक्त होते हैं।

अभिग्राही छोर पर कम शोर करने वाला एक रिसीवर लगाया जाता है। यह रिसीवर संकेत के अनेक पथ प्राप्त करता है। एक अकेला रेडियो पथ खतरनाक सिद्ध हो सकता है क्योंकि इसमें क्षीणन की आशंका रहती है। इसमें एक संयोजक का भी प्रावधान रहता है ताकि विभिन्न संकेत संयुक्त होकर अच्छा निर्गत दे सकें।

प्रणाली की अधिक विश्वसनीयता 'चतुष्पथी भिन्नता' नामक प्रक्रिया द्वारा सुनिश्चित की जाती है। यह दो ट्रांसमीटर और चार रिसीवरों का प्रयोग करते हुए चार स्वतंत्र मार्गों से एक साथ संदेश संकेत भेजने की पद्धति है। अभिग्राही छोर के संकेत, नियमित निर्गत देने के लिए सतत रूप से संयुक्त किये जाते हैं। अभिग्रहीत संकेत की अस्थिरता में घट बढ़ के कारण संकेत तीव्रता से क्षीण हो जाता है। संकेत पर शोर के प्रभाव का अध्ययन किया जा सकता है।

अंतराल और आवृति भिन्नता पद्धतियों का संदेश-संप्रेषण के लिए प्रयोग किया जा सकता है। अंतराल भिन्नता में अभिग्रहण एंटेना समुचित अभिग्रहण की दृष्टि से पर्याप्त दूरी पर रखे जाने चाहिए। आवृति भिन्नता के मामले में आवृति पृथकत्व आवश्यक है।

इन प्रणालियों का इस प्रकार नियोजन किया जाता है कि बिखराव कोण न्यूनतम किया जा सके और संकेत के क्षीणन को घटाया जा सके। अधिक शक्ति वाले ट्रांसमीटरों को स्थापित करने हेतु जगह का चयन करने में, विकिरण के खतरे से बचने के लिए, अत्यंत सावधानी बरतने की आवश्यकता होती है। संप्रेषण आवृति 800 मे॰ हट्‌र्ज से 2 गि॰ हट्‌र्ज के बीच हो सकती है। इसमें से कुछ आवृतियां दृष्टि रेखा सूक्ष्म तरंग संचार को प्रभावित कर सकती हैं; इस बात को भी ध्यान में रखना होगा। अंतरिक्ष संचार के लिए एक मार्ग से निकास ही प्रवेश मार्ग होगा बशर्ते उपग्रह और पृथ्वी पर सुविधाएं उपलब्ध हों।

हिमालय के पार

भारत द्वारा हिमालय के पार, सोवियत संघ के साथ एक ट्रॉपोस्केटर संपर्क स्थापित किया गया है। दोनों ओर भू स्टेशन हैं; एक ओर श्रीनगर से 23 कि॰ मी॰ दूर चारी-शरीफ में और दूसरी ओर सोवियत संघ में दुशांबे के पास है।

यह क्षेत्र ऐसा है कि सूक्ष्म तरंग संपर्क व्यवहार्य नहीं है। यहां तक कि सामान्य

ट्रॉपोस्केटर संपर्क भी उपयोगी नहीं पाया गया है। अतः इंजीनियरों ने 'डबल डिफ्रेक्शन ट्रॉपो' नामक पद्धति विकसित की। इस पद्धति में हिमालय की लगभग 5,000 मीटर ऊंची दो चोटियां एक ओर से दूसरी ओर रश्मित सूक्ष्म तरंगों को विवर्तित करती हैं। इस प्रकार बिना किसी रिपीटर के 700 कि॰ मी॰ लंबी दूरी आवरित की जाती है।

एंटेना वृहत् परवलयिक सूचना पट्ट के आकार-प्रकार के होते हैं। प्रत्येक स्थलीय स्टेशन पर उपयुक्त अभिग्रहण के लिए 30 × 30 मीटर के दो एंटेना स्थापित किये गये हैं। ट्रांसमीटरों में 10 से 15 कि॰ वाट के अधिक शक्ति वाले ध्वनि प्रवर्धक लगे हैं। इस प्रकार दो आवृतियों का साथ साथ संप्रेषण होता है और प्रत्येक आवृति में तीन संप्रेषण होते हैं। इसमें आवृति और अंतराल भिन्नता, दोनों पद्धतियों का प्रयोग होता है। इसमें संकेत प्राप्त करने के लिए बारह पथ तक का प्रयोग होने की संभावना होती है तथा श्रेष्ठतम संकेत निर्गत प्राप्त करने का भी प्रावधान रहता है। यह संपर्क अंतर्राष्ट्रीय मानदंड के 12 वॉइस ग्रेड परिपथ उपलब्ध कराता है। इसका प्रयोग टेलीफोन, दूरमुद्रक तथा टेलेक्स संदेश लागू करने के लिए प्रयोग किया जा सकता है। चैनलों को नयी दिल्ली और मास्को से जोड़ा गया है। अंतर्राष्ट्रीय कॉल, दिल्ली स्थित, समुद्र पार, संचार सेवा के गेटवे एक्सचेंज के जरिए स्विचित होंगे। इंग्लैंड में, ट्रॉपो संपर्क का प्रयोग नॉर्थ सी के मुख्य भाग से 150 से 300 कि॰ मी॰ दूर अवस्थित "ऑइल ड्रिलिंग प्लेटफॉर्म" से संपर्क करने के लिए किया जाता है। तेल और गैस प्लेटफॉर्म पर काम कर रहे लोग सीधे डायलन युक्त सार्वजनिक टेलीफोन सेवा का उपयोग कर पूरे इंग्लैंड और विदेश में कई जगहों से संपर्क साध सकते हैं। यह पार-क्षितिज सूक्ष्म तरंग रेडियो कहलाता है। भारत में प्रोद्यौगिकी संस्थान, नयी दिल्ली ने राजस्थान में पिलानी के साथ ट्रॉपो संपर्क स्थापित करने की क्षमता का प्रदर्शन किया था। यह एक सफल प्रयोग था। भारत इलेक्ट्रॉनिक्स लि॰ ने एक डिजिटल मोबाइल ट्रॉपोस्केटर पद्धति विकसित की है।

भारत में सूक्ष्म तरंग संपर्क

भारत में कोएक्सियल केबिल सबसे पहले प्रयुक्त किया गया था क्योंकि यहां पावर की जरूरतें सूक्ष्म तरंग प्रणालियों की अपेक्षा कम थीं। सन् 1960 के आरंभ में, सूक्ष्म तरंग प्रणालियों में अर्द्ध संवाहकों की उपलब्धता से पावर की जरूरत में जबरदस्त कमी आयी।

सातवें दशक के प्रारंभ में सीमावर्ती क्षेत्रों में विश्वसनीय संचार संपर्कों की अत्यधिक आवश्यकता महसूस की गयी। उत्तर-पूर्वी क्षेत्रों में कोएक्सियल प्रणाली के लिए भू-क्षेत्र आदर्श नहीं था। अतः कुछ माइक्रोवेव प्रणालियों का आयात करने का

निर्णय लिया गया जबकि स्वदेश में भी इन्हें विकसित करने का काम शुरू किया गया।

डाक तार विभाग के दूरसंचार अनुसंधान केंद्र को सूक्ष्म तरंग प्रणालियां, विकसित करने का काम सौंपा गया था। 7 गि· हट्र्ज की एक 300 चैनल की संकीर्ण बैंड प्रणाली का काम शुरू किया गया। प्रयोगशाला में स्थापित एक व्यवस्था दो कमरों के बीच में मुश्किल से 25 मीटर की दूरी तक काम करती थी। तब भी, जैसा कि हर नयी शुरुआत में होता है, भारतीय प्रौद्योगिकी के लिए यह मामूली सफलता भी महत्वपूर्ण एवं गर्व का क्षण थी। पहला क्षेत्रीय संपर्क सन् 1966 में कलकत्ता और आसनसोल के बीच स्थापित हुआ था।

शीघ्र ही 7 गि· हट्र्ज की नेरो बैंड प्रणाली इंडियन टेलीफोन इंडस्ट्रीज लिमिटेड (आई. टी. आई.) द्वारा 1968 में तैयार कर ली गयी। पहले प्रयास के परिणाम यद्यपि संतोषजनक प्राप्त नहीं हुए लेकिन सुधार की दृष्टि से कुछ सबक अवश्य मिले। यद्यपि, शोर गुल की सीमाओं के कारण यह प्रणाली लंबी दूरी के लिए काम करने की क्षमता नहीं रखती, तथापि कम दूरियों के लिए यह संतोषजनक रही। समुचित पावर आपूर्ति की समस्या को सिलिकॉन पावर ट्रांजिस्टरों की सहायता से हल किया गया।

आगे चलकर, ब्रॉड बैंड (960 चैनलों से अधिक) प्रणालियों को आजमाया गया। जल्दी ही यह स्पष्ट हो गया कि कार्य निष्पादन आदर्श उप-प्रणालियों पर निर्भर करता था। आठवें दशक के प्रारंभ में किये गये विश्लेषण से पता चला कि डाक तार सेवाओं और मार्गों में वृद्धि के अतिरिक्त रक्षा, रेलवे और उपग्रह के लिए सूक्ष्म तरंग के विकास कार्यक्रम का औचित्य सिद्ध होता है। विदेशों में व्यवहार में आने वाली विधियों के सर्वेक्षण के बाद निर्माण की नयी विधियां अपनायी गयीं और वाइड बैंड सूक्ष्म तरंग प्रणालियों के निर्माण के लिए अनुसंधान एवं विकास संबंधी निर्णय लिये गये। सेवाओं के लिए इन प्रणालियों के अतिरिक्त, उपग्रह और ट्रॉपोस्केटर संचार उपस्कर भी तैयार किया गया।

संपर्कों की प्रगति

उत्तर पूर्वी क्षेत्र में सूक्ष्म तरंग संपर्कों के प्रथम चरण में आयातित उपस्कर युक्त वाइड बैंड (1,200 टेलीफोन चैनलों जैसी अधिक क्षमता वाले) और नेरो बैंड 300 चैनलों जैसी कम क्षमता वाले दोनों ही थे।

एक वाइड बैंड प्रणाली से कलकत्ता और आसनसोल जुड़े थे जबकि 240 चैनल के नेरो बैंड द्वारा आसनसोल को कटिहार, टाइगर हिल, कूच बिहार, शिलांग, जोरहाट, डिब्रूगढ़ और तिनसुखिया से जोड़ा गया। उसी प्रकार उत्तर पूर्वी क्षेत्र में जालंधर और श्रीनगर नेरो बैंड प्रणाली से जुड़े हुए थे।

कुछ समय निकालने के लिए, ट्रंक मार्गों को, कनाडा और हंगरी से आयात की गयी रेडियो प्रणालियों से जोड़ा गया। कनाडायी प्रणाली दिल्ली, बंबई और कलकत्ता को जोड़ते हुए त्रिकोणीय क्षेत्र को आवृत्त करती है। दिल्ली-बंबई संपर्क जो 1,080 किलोमीटर लंबा है, जयपुर, कोटा, इंदौर, धुलिया और थाना होकर जाता है। नागपुर, रायपुर, संबलपुर, जमशेदपुर और खड़गपुर होकर कलकत्ता के लिए धुलिया पारगामी स्थल है। कलकत्ता-दिल्ली मार्ग दो तरफ से है। पहला खड़गपुर, आसनसोल, पटना, गोरखपुर और लखनऊ होकर और दूसरा, लखनऊ, कानपुर, इटावा और आगरा होकर है।

इन संपर्कों में दूरदर्शन संप्रेषण की क्षमता भी है। कोएक्सियल केबिलों के रूप में, वैकल्पिक पथ सहित बड़े परिपथ खंडों के प्रावधान से, किसी माध्यम के खराब हो जाने की स्थिति में, परियात को दूसरे मार्ग की सुविधा पहली बार मिली। अनेक अवसरों पर, जब उसी मार्ग के कोएक्सियल केबिल कट गये तब उपभोक्ताओं को इसका पता भी न चला और उनका स्थान सूक्ष्म तरंग प्रणाली ने ले लिया। इसके अतिरिक्त वैकल्पिक मार्गों के जरिए भी परियात को दूसरी दिशा में प्रेषित किया गया। दिल्ली से बंबई के परियात को आवश्यकता पड़ने पर आंशिक रूप से कलकत्ता के जरिए भेजा जा सकता है।

960 चैनलों में पूना से सिकंदराबाद (540 कि. मी.) इंदौर-भोपाल, अहमदाबाद-नडियाद और अन्य मार्गों पर भारतीय उपस्कर प्रयोग किया गया है। अंत में उल्लिखित मार्ग में टी. वी. संप्रेषण क्षमता है। टी. वी. संचालन के अंतः निर्मित प्रावधान वाले और अधिक संपर्क लगाये गये हैं।

दूरसंचार के क्षेत्र में घने जंगलों, निर्जन मरुस्थलों, हिमावरित चोटियों, हरे-भरे पहाड़ों और व्यस्त नगरों की उपेक्षा-सी करते हुए रकाबीनुमा एंटेना युक्त टावर, प्रगति के मौन प्रहरी से खड़े हैं। ये टावर, उन्मुक्त अंतरिक्ष के जरिए, विस्तृत दूरियों के पार, हजारों टेलीफोन वार्ताओं और तार संदेशों को ऐसी स्पष्टता के साथ संप्रेषित करते हैं जिसकी ओपन वायर के दिनों में कल्पना भी नहीं की जा सकती थी।

इन सक्रिय संपर्कों की सफलता सैकड़ों इंजीनियरों और तकनीशियनों के समर्पित प्रयासों पर निर्भर करती है। रखरखाव से संबंधित लोग प्रायः सुबह सुबह काम करते हैं जिस समय यातायात कम होता है। अनेक रिपीटर स्टेशन तो आबादी से दूर पहाड़ों की चोटियों पर स्थित होते हैं। पानी की अल्प आपूर्ति और खराब सड़कों के कारण इन स्टेशनों तक पहुंचने में घंटों लग जाते हैं। तेज हवाएं, बर्फानी तूफान जम्मू और कश्मीर जैसी जगहों में कार्य में रुकावट डालते हैं जहां काम करने वाले लोग, सूक्ष्म

तरंग रिफ्लेक्टरों को अवरुद्ध करने वाली बर्फ को हटाने के लिए 3,000 मीटर की ऊंचाई तक जाते हैं।

रेडियो स्पेक्ट्रम के विविध उपयोग

समाचार प्रसारण अथवा मनोरंजन, रेडियो स्पेक्ट्रम के अनेक उपयोगों में से एक है। दूरसंचार इंजीनियर फोन और तार के समुद्र पार केंद्रों से संपर्क स्थापित करने में इसका उपयोग करते हैं। स्पेक्ट्रम के उच्च आवृति वाले हिस्से का उपयोग जहाजों, सुदूरवर्ती क्षेत्रों, तेल क्षेत्रों, परियोजना स्थलों, खानों व बांधों से सक्रिय संपर्क स्थापित करने और मौसम संबंधी जानकारी तथा दूरस्थ मापनों और यंत्रों की रीडिंग प्राप्त करने के लिए किया जाता है। स्पेक्ट्रम के अन्य हिस्सों का उपयोग कारों, टैक्सियों, व एम्बुलेंसों और पुलिस के लाभार्थ गतिशील संचार के लिए किया जाता है। चलते-फिरते लोगों से भी रेडियो तरंगों की मदद से संपर्क किया जा सकता है।

तटीय रेडियो स्टेशन, सागर तट के नाविकों और इष्ट मित्रों के बीच दुख सुख के समाचार विनिमय का कार्य करते हैं। ये स्टेशन मौसम संबंधी रिपोर्ट के अलावा, अपने राष्ट्रीय नेटवर्क के जरिए विश्व के विभिन्न स्थानों के जहाजों के बीच संपर्क स्थापित करते हैं।

जहां तक जहाजों का संबंध है, रेडियो संचार के लिए सहमति के आधार पर एक वरीयता क्रम है। संकट के समय सहायता के लिए पुकार, सॉस (एस· ओ· एस·) पर पहले ध्यान दिया जायेगा; इसके लिए एक निर्धारित कूट 'मे डे' (मई दिवस) है। तार व्यवस्था और टेलीफोन व्यवस्था दोनों में ही ऐसे समाचारों के लिए आवृतियां सुरक्षित रखी गयी हैं। ऐसे समाचारों के बाद, अत्यावश्यक और सुरक्षा संबंधी समाचारों को प्राथमिकता दी जाती है तथा उसके बाद उन समाचारों को जो दिशा ज्ञात करने, नाविक गतिविधियों और परियात से संबंधित होते हैं।

चौबीसों घंटे चौकसी

भारत में दूरसंचार तटीय स्टेशन सामान्य संदेशों में मौसम संबंधी जानकारी तथा नाविकों से संबद्ध चेतावनियां नियमित रूप से प्रसारित करते हैं। ये स्टेशन आयत आवृति, (अर्थात् बेतार के तार प्रणाली में 500 कि· हट्‌र्ज और रेडियो टेलीफोन व्यवस्था में 2,182 कि· हट्‌र्ज) पर चौबीसों घंटे चौकसी रखते हैं। आयत संदेश तुरंत ग्रहण करके नौसेना और बंदरगाह के अधिकारियों को बचाव अभियान की व्यवस्था करने हेतु प्रेषित कर दिये जाते हैं। ये स्टेशन जहाजों और तटीय स्टेशनों के बीच तार और टेलीफान परियात को संभालते हैं। विभिन्न राष्ट्रों के जहाज इन सेवाओं का लाभ उठाते हैं। संपर्क जहाजों में लंबी दूरी की रेडियो टेलीफोन सुविधा उपलब्ध रहती है।

बंबई में इस उद्देश्य के लिए 20 कि.वाट का ट्रांसमीटर है। यह अटलांटिक महासागर में भी जहाजों से संपर्क कर सकता है। कलकत्ता और मद्रास में उच्च आवृति बैंड पर लंबी दूरी के ट्रांसमीटर हैं। अन्य स्टेशन मध्यम आवृति ट्रांसमीटर उपलब्ध करवाते हैं जो 160 कि. मी. तक प्रभावी होते हैं।

आधुनिक जहाज बोर्ड पर रेडियो टेलेक्स सुविधा देते हैं। विस्तृत आदेशों वाले समाचार, मार्ग परिवर्तन, कार्गो संबंधी कार्यवाही के निर्देश तट पर भेजे जाते हैं जो वहां मुद्रित भी हो जाते हैं। यह उपस्कर स्वयं में इतना परिपूर्ण होता है कि वह स्वतः ही गलती ढूंढ़ कर सुधार देता है। इस उपस्कर से युक्त जहाज इन्मरसैट मेरीटाइम/उपग्रह प्रणाली के साथ तुरंत संपर्क स्थापित कर सकता है (देखें अध्याय 10)।

तट के समीप कम दूरी के संचार के लिए रेडियो टेलीफोन सुविधा देने हेतु वी. एच. एफ. चैनलों का उपयोग होता है। यह सुविधा सामान्यतया 64 कि. मी. तक उपलब्ध होती है और बड़े जहाजों के अतिरिक्त, पालदार नौकाएं और अवकाश एवं विश्राम के लिए डेरा डाले यान भी इन सेवाओं का लाभ ले सकते हैं।

बर्फ, बकरे और बेतार

उच्च आवृति रेडियो तरंगें, पहुंच के बाहर सुदूरवर्ती स्थानों से संचार संपर्क के उपयोग में आती हैं। भारत में ऐसे 200 वायरलैस स्टेशन कार्य कर रहे हैं। इनमें से अधिकतर हिमालय में लेह, कारगिल, भरमौर, पूह और कल्पा जैसे बर्फीले इलाकों में हैं। वायरलैस संपर्क ही एकमात्र ऐसा साधन है जो वहां के लोगों के लिए बाहरी दुनिया से संपर्क बनाये रखने के लिए उपलब्ध है।

ऐसा ही एक स्थान हिमाचल प्रदेश में केलांग है। यह स्थान 4,000 मीटर की ऊंचाई पर है जहां इससे भी ऊंचे रोहतांग दर्रे से होकर ही पहुंचा जा सकता है। किलर एक अन्य ऊंचा स्थान है जहां, 5,000 मीटर ऊंचे 'साच दर्रे' से होकर ही पहाड़ी बकरों पर सामान लादकर ले जाया जा सकता है। वहां पहुंचने के लिए ऑपरेटरों को कुछ दिन हिमखंडों (ग्लेशियर) पर से गुजरना होता है।

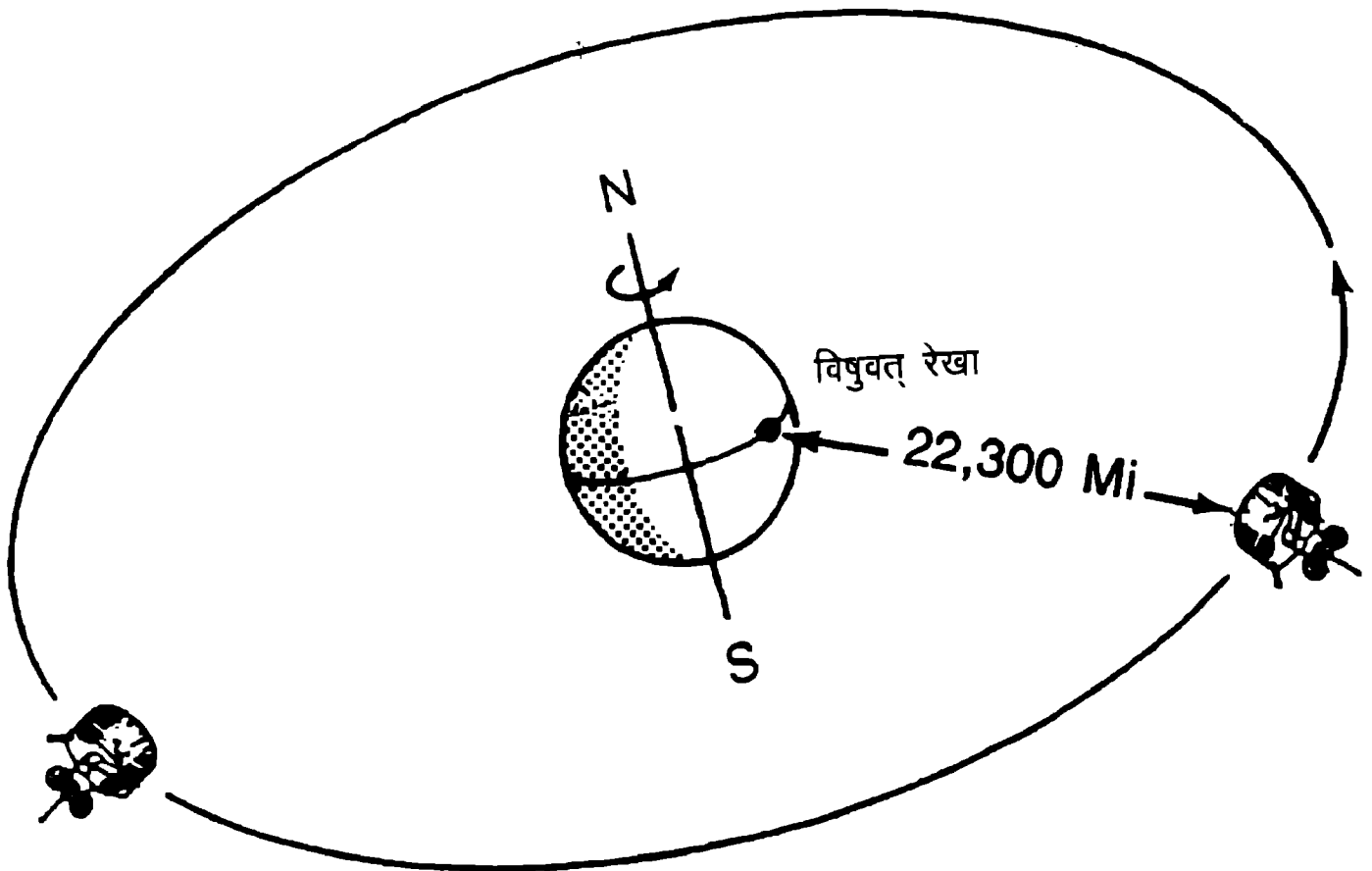
10

पृथ्वी की कक्षा में परिंदे

परावर्तकों के रूप में उपग्रहों के प्रयोग की दिशा में संकेतों को प्रसारित करने के लिए सूक्ष्म तरंग संप्रेषण के क्षेत्र में हुई उन्नति ने इंजीनियरों को प्रोत्साहित किया है।

किसी भी स्टेशन और उपग्रह के बीच रिपीटरों की आवश्यकता नहीं होती क्योंकि पृथ्वी के घुमाव के कारण संकेत नष्ट नहीं होते। पहाड़ पर स्थित ट्रांसमीटर की अपेक्षा एक उपग्रह ज्यादा विस्तृत क्षेत्र देख सकता है। सुदूरवर्ती क्षेत्रों को उपग्रह के जरिए सेवाएं उपलब्ध करवायी जा सकती हैं और दुर्गम तराई या पानी आदि उपग्रह से सीधा संपर्क स्थापित करने में बाधक नहीं बन सकते। इस संपर्क की गुणवत्ता श्रेष्ठ होती है बशर्ते संकेत प्राप्त करने वाले स्टेशन और दूसरे छोर के प्रयोक्ता के बीच धरती पर स्थापित संपर्क में भी कार्यकुशलता हो। उपग्रह का माध्यम ऐसे राष्ट्रीय दूरसंचार नेटवर्क में जिसमें सूक्ष्म तरंग और कोएक्सियल केबिल संपर्क उपलब्ध हों, विविधता प्रदान कर सकता है। उपग्रह प्रणाली राष्ट्रव्यापी दूरदर्शन, तीव्रगति डाटा संप्रेषण दूरसभा तथा कंप्यूटर अंतःक्रिया जैसी नयी सेवाएं भी प्रदान कर सकती है। अंतर्राष्ट्रीय उपग्रह आवाज, दृश्य तथा महाद्वीपों के पार सूचना संप्रेषण के लिए स्पष्ट संपर्क उपलब्ध करवाते हैं। उपग्रह, महत्वपूर्ण घटनाओं को देखने के लिए विश्व के अनगिनत दर्शकों को एक साथ एकत्रित करते हैं। उदाहरण के लिए इंग्लैंड का शाही विवाह विश्व के लगभग 700 मिलियन लोगों ने एक साथ देखा।

उपग्रह के जरिए दूरसंचार की कल्पना तीन दशक से भी कम समय में ही हकीकत बन गयी। सन् 1945 में जाने माने विज्ञान लेखक आर्थर क्लार्क ने संचार उपग्रह स्थापित करने के लिए समक्रमिक कक्षा का उपयोग करने का प्रस्ताव रखा। पहले की अपेक्षा बड़े रॉकेट विकसित किये गये जिनके जरिए अपेक्षित कक्षाओं में उपग्रहों को स्थापित किया गया। सन् 1947 में ट्रांजिस्टर के आविष्कार ने संकेतों के वर्धन के लिए हल्के और अधिक विश्वसनीय उपस्करों का उत्पादन संभव कर दिया। उसके योगदान की महत्ता को स्वीकारते हुए समक्रमिक कक्षा को 'क्लार्क कक्षा' की संज्ञा भी दी गयी।

कोई भी संचार उपग्रह सामान्यतया समक्रमिक कक्षा में ही होता है–विषुवत् रेखा से लगभग 36,000 कि. मी. ऊपर (चित्र 23), भू-समक्रमिक उपग्रह भी कहते हैं। जो सर्वप्रथम हैरोल्ड रोजन द्वारा विकसित किया गया था। यह स्थिर प्रतीत होता है क्योंकि इसकी गति (10,860 कि. मी. प्रति घंटा) पृथ्वी की गति (लगभग 1,620 कि. मी.) से समक्रमिक है। जिस दिशा में पृथ्वी परिक्रमा करती है उसी दिशा में धरती के गुरुत्वाकर्षण का प्रतिरोध करते हुए उपग्रह हर 24 घंटे पर परिक्रमा करता है। उपग्रह स्थिर रहकर लट्टू की भांति घूमता है; इसे दूसरी तकनीक से भी स्थापित किया जा सकता है। बोर्ड पर निर्धारित प्रणाली इसके पथ को ठीक करती रहती है और संचार प्रणाली कॉलों को संभालती है। जब उपग्रह पृथ्वी से संकेत प्राप्त करता है तो पटल पर स्थित ट्रांसपोंडर उन्हें जैसे छान कर और वर्धित करके पृथ्वी के एक विभिन्न केंद्रों पर पुनः संप्रेषित कर देता है। एक ट्रांसपोंडर सामान्यतया 1,000 टेलीफोन वार्ताएं या फिर एक रंगीन टी. वी. चैनल वहन कर सकता है। परियात की वृद्धि के कारण नयी आवृतियों की आवश्यकता होती है। अंतरिक्ष संचार **सी-बैंड** (6 गि. हट्र्ज और 4 गि. हट्र्ज) के साथ प्रारंभ हुआ और अब अतिरिक्त **के-बैंड** (10 गि. हट्र्ज–36 गि. हट्र्ज) का भी उपयोग कर रहा है।

चित्र-23 समक्रमिक कक्षा : इस कक्षा में एक उपग्रह जो विषुवत् रेखा से 36,000 कि. मी. ऊपर है, पृथ्वी से 'स्थिर' प्रतीत होता है।

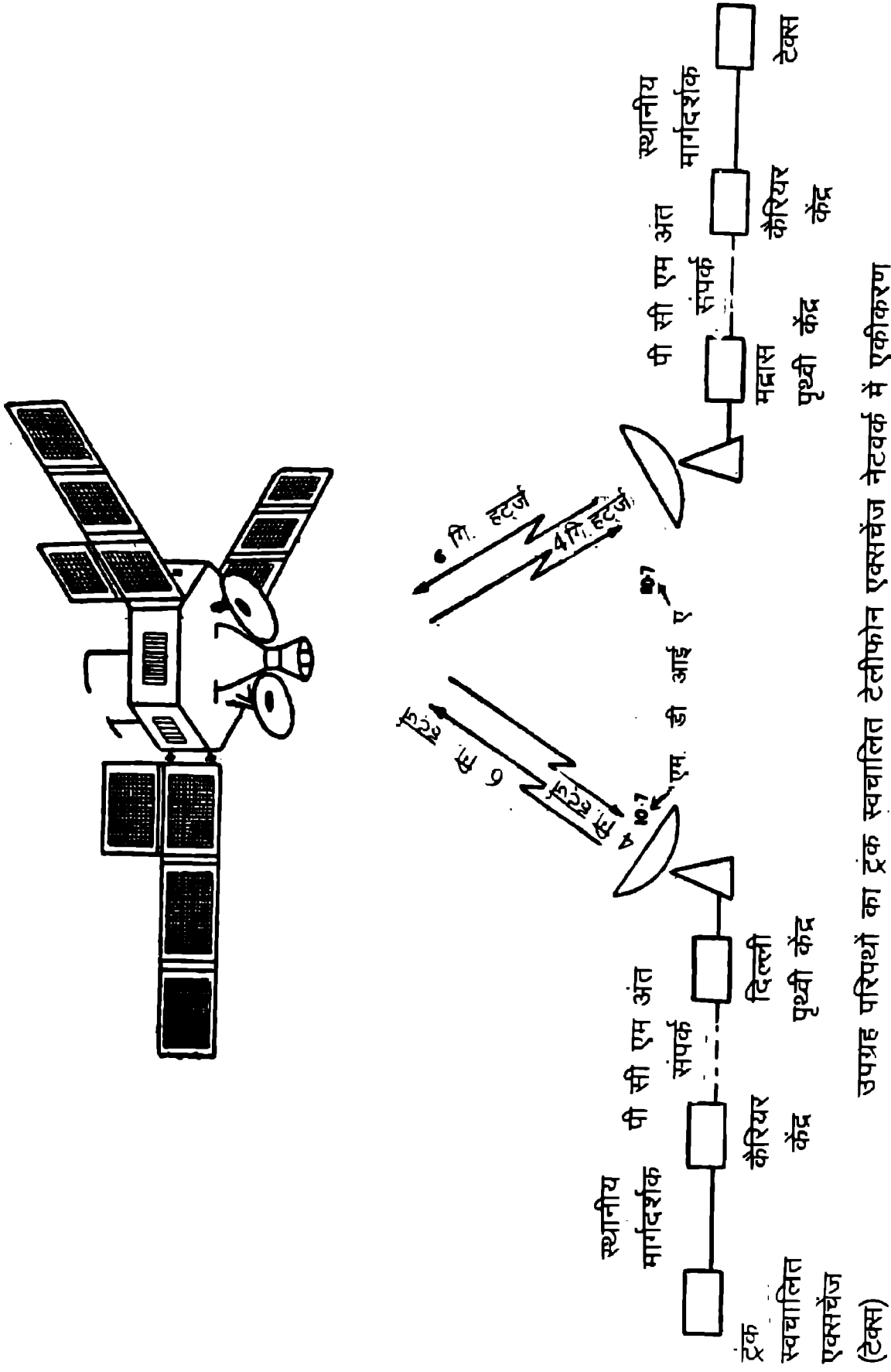
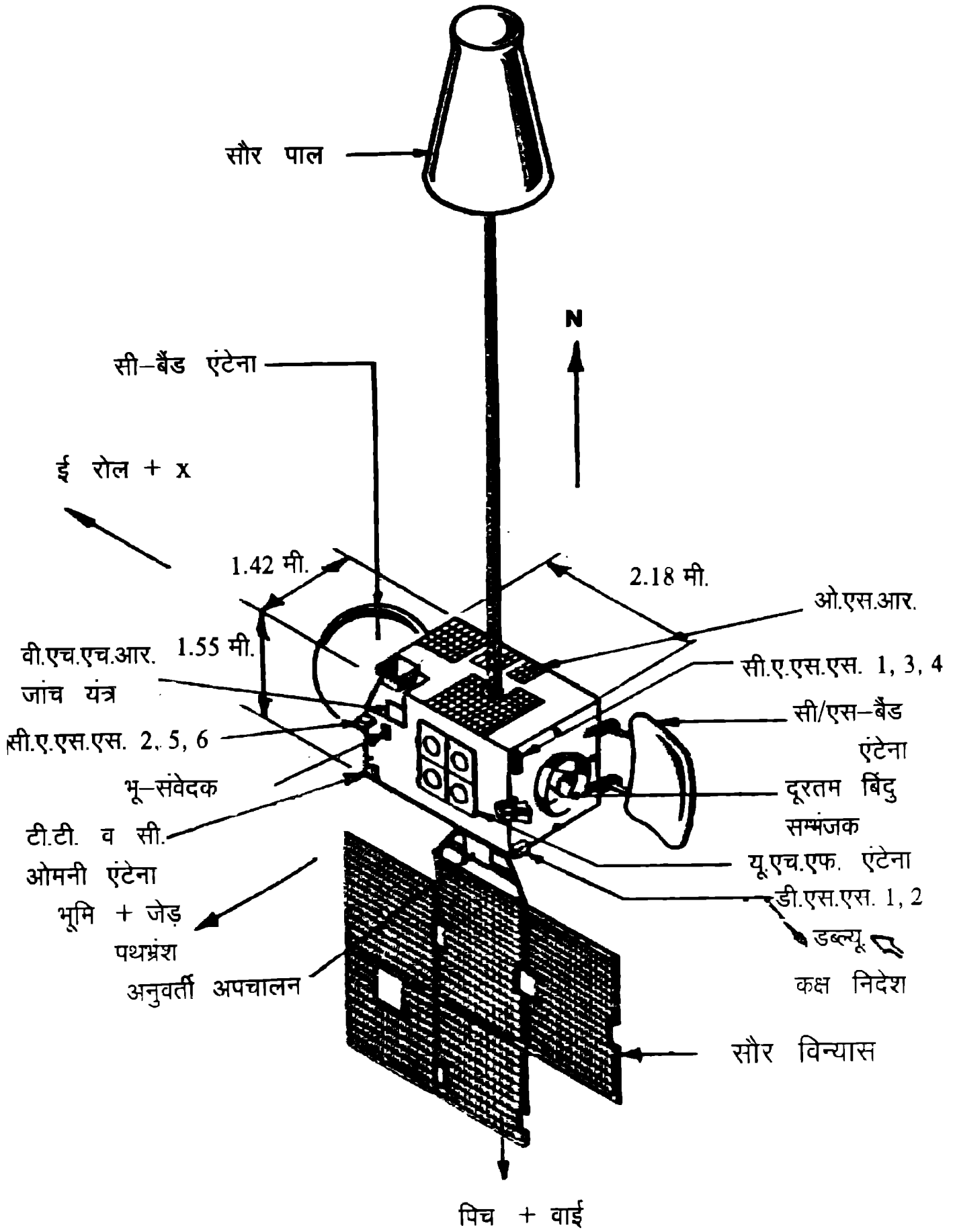
भारतीय इंजीनियरों ने 'एप्पल' (एक भारतीय उपग्रह) और स्वर संगति परियोजनाओं में उपग्रह संपर्कों पर कार्य करते हुए पर्याप्त अनुभव अर्जित किये। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) ने प्रयोग के तौर पर उन्नत संचार उपग्रह एप्पल का डिजाइन तैयार करके उसका निर्माण किया। यूरोपियन स्पेस एजेंसी ने सन् 1981 में अपने एरियन राकेट के जरिए भारतीय उपग्रह को अंतरिक्ष में निःशुल्क भेजने का प्रस्ताव किया। इसके बावजूद, एप्पल अंतरिक्ष यान में कुछ समस्याएं थीं, लेकिन फिर भी संचार प्रयोग सफलतापूर्वक संचालित किये गये। इसके पूर्व शुरू में दूरसंचार प्रयोग इसरो तथा डाक तार के इंजीनियरों द्वारा सन् 1977-79 में फ्रेंको-जर्मन उपग्रह सिंफोनी पर किये गये थे (चित्र-24)। सन् 1975-76 में अमरीकी उपग्रह ए. टी. एस.-6 से सेटेलाइट इंस्ट्रक्शनल टेलीविजन एक्सपेरिमेंट (लाइट) कार्यक्रम के तहत अंतरिक्ष से दूरदर्शन प्रसारण की संभावनाओं का अध्ययन किया गया।

इंसेट प्रणाली

पृथ्वी की समक्रमिक कक्षा में घरेलू उपग्रह (इंसेट) को लेकर सन् 1960 के दशक के अंत में भारत में अध्ययन किया गया। क्योंकि स्वदेशी उपग्रह को विकसित करने में समय लगता। इसलिए यह निश्चय किया गया कि एक उपग्रह विदेश से खरीदा जाये और उसे छोड़ने का खर्च भी दिया जाये।

सामान्यतया दूरसंचार, दूरदर्शन और मौसम संबंधी जानकारी देने के लिए तीन अलग अलग उपग्रहों की आवश्यकता पड़ती है। अतः भारतीय इंजीनियरों ने पैसे की बचत और अंतरिक्ष में तीन उपग्रहों को स्थापित करने हेतु स्थान की समस्या से बचने के लिए 'एक में तीन' उपग्रह का सुझाव दिया (चित्र-25)। तद्नुसार एक अमरीकी फर्म (फोर्ड एरोस्पेस) ऐसा उपग्रह बनाने के लिए तैयार हो गयी। अमरीकी अंतरिक्ष एजेंसी 'नासा' को इसे छोड़ने का ठेका दिया गया था। एक 'मास्टर कंट्रोल' सुविधा बंगलौर के समीप हसन नामक स्थान पर स्थापित की गयी जहां से भारतीय इंजीनियर उपग्रह पर नियंत्रण कर सकते थे और उसका रख-रखाव भी कर सकते थे।

इंसेट–1ए 10 अप्रैल 1982 को छोड़ा गया किंतु उपग्रह का सी-बैंड एंटेना नहीं खुला। सभी संचार प्राप्ति उपस्कर उसके साथ जोड़े गये। दूसरा बड़ा रोड़ा तब अटका जब, अंतरिक्ष यान को संतुलित रखने के लिए बनाया गया सौर-पाल (Solar-Sail) और उसकी लंबी अर्गला नहीं खुली। कुछ थ्रस्टरों में भी अवरोध आ गया। इसे सुधारने के प्रयासों के दौरान काफी ईंधन खर्च हो गया। यद्यपि बाद में सी-बैंड जोड़ दिया गया तथा दूरदर्शन और दूरसंचार सेवाएं कुछ महीनों के लिए सीमित रूप में चालू की गयीं, लेकिन सूर्य ग्रहण (जब कुछ देर के लिए धरती द्वारा सूर्य को ढक लिया

उपग्रह परिपथों का ट्रंक स्वचालित टेलीफोन एक्सचेंज नेटवर्क में एकीकरण

चित्र-24 फ्रेंको जर्मन उपग्रह, सिंफोनी के साथ भारतीय प्रयोग शृंखलाबद्ध रूप में किये गये। ऐसे ही एक प्रयोग के अंतर्गत ट्रंक टेलीफोन कॉलों को वहन करने वाले उपग्रह परिपथों को विभिन्न नगरों में स्वचालित एक्सचेंजों के साथ एकीकृत किया गया।

चित्र-25 भारत का घरेलू उपग्रह

गया) के कारण सितंबर 1982 में पृथ्वी से उपग्रह के सारे संपर्क टूट गये।

एक विश्लेषण से पता चला कि इस अप्रत्याशित व्यवधान के लिए 'एक में तीन' के डिजाइन का दोष नहीं था। यह निर्णय किया गया कि अतिरिक्त उपग्रह इंसेट-1 बी में उपयुक्त संशोधन किये जाएं। अमरीकी अंतरिक्ष यान 'चैलेंजर' के बोर्ड पर लाया गया और अंतरिक्ष यात्रियों के एक दल द्वारा 1 सितंबर 1983 को अंतरिक्ष में स्थापित किया गया। उसे अंतरिक्ष में अपने नियत स्थान पर लाने में कुछ विलंब अवश्य हुआ क्योंकि सौर-विन्यास संबंधी कुछ अस्थायी समस्या थी। जिज्ञासा के क्षणों में कुछ प्रयासों के बाद, एक घंटे धूप सोख लेने के बाद अप्रत्याशित रूप से सौर विन्यास हो गया और सामान्य स्थिति हो गयी।

इंसेट-1 बी का पेलोड इंसेट-1 ए के समान ही था। इसके संचार उपस्कर में मुख्यतया 12 ट्रांसपोंडर (रिसीवर एवं ट्रांसमीटर) थे जिनसे मोटे तौर पर 4,300 द्विपथी टेलीफोन परिपथ उपलब्ध हुए। प्रत्येक ट्रांसपोंडर ने दो टी. वी. वितरण चैनल भी संभाले। अपने छठे वर्ष में भी इंसेट-1बी ने अच्छे ढंग से कार्य किया। जुलाई 1988 में छोड़े गये इंसेट-1 सी में ऊर्जा की समस्या थी इसलिए उसकी टी. वी. तथा संचार की आधी क्षमता का ही प्रयोग हो सका। इंसेट-1 डी, जून 1990 में छोड़ा गया और प्रचलनात्मक सेवाओं के लिए उससे काम करना शुरू किया गया।

दूसरी पीढ़ी की इंसेट-2 श्रृंखला में, दो अंतरिक्ष यान इंसेट-2 ए और इंसेट-2बी का डिजाइन और निर्माण कार्य भारत में हो रहा है। तीन और, इंसेट-2 सी डी, 2 ई को स्वीकृति मिल चुकी है। दूसरी श्रृंखला के इंसेटों को कक्षा में स्थापित करने की समय तालिका 1993 से 1995 के बीच है। इन तीनों में से प्रत्येक इंसेट की क्षमता इंसेट-1 की तुलना में कहीं अधिक सेवाएं प्रदान करने की होगी। (कोई 28 सी-बैंड युक्त उपग्रह सेवा ट्रांसपोंडर दो एस-बैंड प्रसारण उपग्रह सेवा ट्रांसपोंडर, एक 2 कि. मी. तक दृश्य रिजाल्युशन और 8 कि. मी. अवरक्त चैनलों में रिजाल्युशन युक्त, अत्यंत उच्च रिजाल्युशन रेडियो मीटर तथा मौसम संबंधी आकंड़ों का प्रसारण और उपग्रह के लिए खोज और व्यवधान से मुक्ति का मिशन आदि अतिरिक्त सुविधाएं)।

दूरसंचार के लिए थलीय स्टेशनों से आरोह संपर्क के लिए आवृति 6 गि. हट्र्ज और अवरोह संपर्क के लिए 4 गि. हट्र्ज है। थलीय खंड में तेल और प्राकृतिक गैस आयोग के तीन टर्मिनलों (अरब सागर में तेल-क्षेत्रों को जोड़ने हेतु एक उरान में तटीय तथा दो गैर-तटीय टर्मिनल) को परस्पर जोड़ने के लिए 28 अचल दूर संचार टर्मिनल और तीन स्थानांतरणीय स्टेशन हैं (चित्र 26)। चित्र शीर्षक मुख्य दूरसंचार स्टेशन दिल्ली, कलकत्ता, शिलांग, बंबई और मद्रास में हैं। भू-स्टेशन संचालन को मॉनीटर करने और नियंत्रण में रखने हेतु नेटवर्क प्रचालन नियंत्रण केंद्र, दिल्ली भू-स्टेशन

चित्र-26 इंसेट दूरसंचार के लिए भू-स्टेशन

के साथ सह अवस्थित रूप में उत्तरप्रदेश के बुलन्दशहर जिले में स्थित है। प्राथमिक स्टेशन अधिकतर, राज्यों की राजधानी में हैं। लघु भू-स्टेशन, पोर्टब्लेयर, ईटानगर और लक्षद्वीप जैसे सुदूरवर्ती क्षेत्रों में स्थित हैं।

मास्टर नियंत्रण केंद्र में दो स्वतंत्र उपग्रह नियंत्रण भू-स्टेशन (दो 14 एम. एंटेना सहित) होते हैं। इनका प्रावधान भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के अंतरिक्ष अनुप्रयोग केंद्र तथा एक उपग्रह नियंत्रण केंद्र सरकार द्वारा किया गया है। इनके लिए उपस्कर फोर्ड एरोस्पेस द्वारा दिये गये हैं। सैक (एस. ए. सी.) ने सभी भू-स्टेशनों के लिए इलेक्ट्रॉनिक्स का निर्माण भी किया है। भारतीय इलेक्ट्रॉनिक्स निगम लिमिटेड ने रिफ्लेक्टर दिये हैं और भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र ने एंटेनाओं के लिए सर्वो नियंत्रण प्रणाली का प्रावधान किया है।

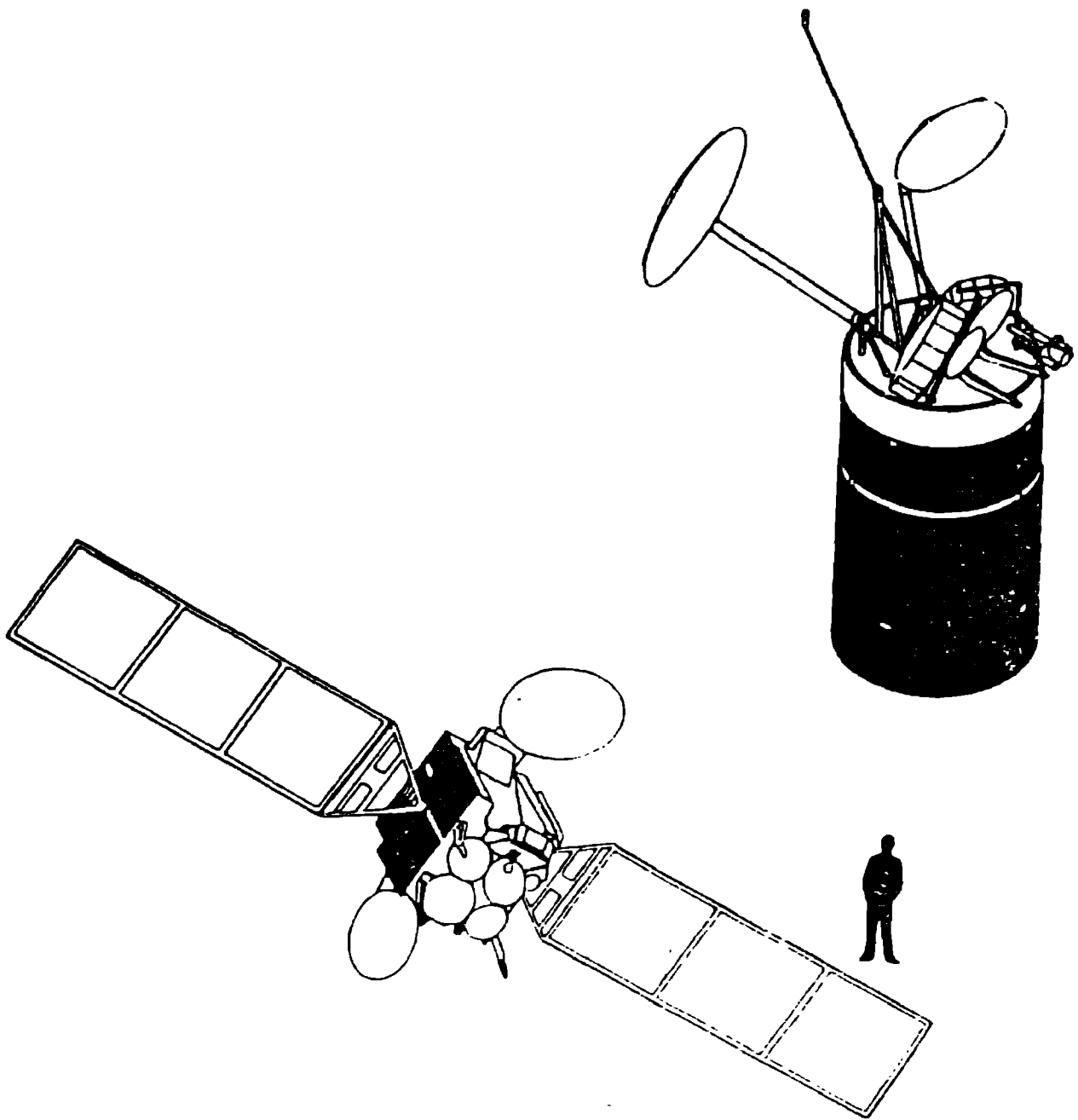
कम्युनिटी टी. वी. रिसीवरों को वर्धित करने के लिए या फिर किसी भी टी. वी. स्टेशन के लिए उपग्रह से सीधे संप्रेषण हेतु राष्ट्रीय स्तर के दो टी. वी. प्रसारण चैनल का प्रावधान इंसेट करता है। 2.5 गि. हट्र्ज ट्रांसमीटर टी. वी.को देश के किसी भी भाग में विकिरित कर सकते हैं। यह विकिरण वर्धित टी. वी. रिसीवरों द्वारा सीधे ग्रहण किया जा सकता है। यह किसी टी. वी. स्टेशन द्वारा भी प्राप्त किया जा सकता है और यह टी. वी. स्टेशन एक निर्धारित क्षेत्र में सामान्य अवर्धित टी. वी. सैटों के जरिए पुनः प्रसारित कर सकता है।

आंध्र प्रदेश, बिहार, गुजरात, महाराष्ट्र, उड़ीसा और उत्तर प्रदेश के परस्पर जुड़े हुए तीन तीन चुनिंदा जिलों के आबादी वाले झुंडों के लिए सीधी उपग्रह टी. वी. प्रसारण सेवा का उपयोग करने की प्रारंभिक योजना थी, जिसमें आरोह संपर्क की सुविधा (सम्पोषण हेतु) वाले 8,000 सीधे रिसेप्शन सैटों का प्रयोग किया जाना था। इसके अतिरिक्त गोरखपुर, नागपुर, राजकोट और रांची में चार पुनः प्रसारण ट्रांसमीटर शुरू करने की योजना और दिल्ली एवं शिलांग से अवरोह संपर्क की सुविधा वाले 6,600 कम्युनिटी टी. वी. सैटों का तथा सामान्य कार्यक्रमों के लिए सभी टी. वी. प्रसारण केंद्रों पर उपग्रह टी. वी. 'केवल प्राप्ति' टर्मिनलों का प्रावधान था। दूरदर्शन प्रसारण सेवा का काफी तीव्र गति से विस्तार हुआ है।

अब अति लघु अपेर्चर टर्मिनलों (वी. एस. ए. टी.) की मांग बढ़ रही है जो स्थलीय नेटवर्क की परवाह किये बिना सीधे उपग्रह के साथ कार्य करते हैं। अ.ल.अ.ट., वित्त और बाजार संबंधी लाभकारी सूचनाएं अविलंब प्राप्त करने में व्यापारियों के लिए अनिवार्य हो गये हैं। 'निकनेट' के नाम से जाने जाने वाले नेशनल इंफॉर्मेटिक सेंटर के वी.एस.ए.टी. नेटवर्क की स्थापना ही उद्यमियों की आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए है।

इंटॅलसेट-ए : प्रगति का प्रतीक

इंसेट से भी पहले भू-उपग्रह संपर्क के प्रचलन के साथ सन् 1964 में स्थापित अंतर्राष्ट्रीय दूरसंचार उपग्रह संगठन (इंटॅलसेट) में भारत पहचाना जाने लगा था। इंटॅलसेट बिना लाभ कमाने वाला 119 सदस्य राष्ट्रों का व्यावसायिक सहकारी संगठन है इसके 15 उपग्रह हैं और यह, अंतर्राष्ट्रीय और घरेलू संचार के लिए इन उपग्रहों की सार्वभौम प्रणाली प्रचालित करता है। विश्व का पहला व्यावसायिक उपग्रह इंटॅलसेट–I जिसे 'अर्ली वर्ड' भी कहते हैं, सन्1965 में छोड़ा गया था जिसने यूरोप और संयुक्त राज्य के बीच इकहरे पथ पर सेवाएं प्रदान कीं। आज सार्वभौम सेवाएं लगभग 180 देशों, आश्रित राज्यों और प्रदेशों को प्रदान की जा रही हैं। कुल 15 उपग्रह (1990) अंतर्राष्ट्रीय वीडियो, दूरसभाओं, फॅसिमिल, डाटा और टेलेक्स के अतिरिक्त समुद्र पार टेलीफोन और दूरदर्शन सेवाएं प्रदान कर रहे हैं।

इंटॅलसेट की प्रत्येक शृंखला धारा में महत्वपूर्ण परिवर्तन हुए हैं (चित्र 27)। इंटेलसेट-I सदेहों और अनिश्चितताओं भरे प्रयास के रूप में छोड़ा गया था। तथापि इसने 240 टेलीफोन परिपथों के साथ तकनीकी दृष्टि से अवधारणा को सिद्ध कर दिया। यद्यपि कोई बहुस्टेशन सुविधा नहीं थी तो भी डिजाइनाधारित उम्र (18 महीने) से कहीं अधिक साढ़े तीन वर्ष तक संतोषजनक ढंग से कार्य करता रहा। इंटॅलसेट-II के जरिए भू-स्टेशनों के बीच बहुबिंदु संचार सामर्थ्य का प्रारंभ हुआ (सन् 1967)। अगली शृंखला इंटॅलसेट-III (सन् 1968) जो कि 'अर्लीवर्ड' से वजन में चार गुना था, में 1,200 परिपथ या चार टी. वी. चैनलों अथवा इनकी मिलीजुली स्थिति थी। यह सभी प्रकार के संचार-टेलीफोन और संदेश सेवा में बिना व्यवधान उपस्थित किये टी. वी. सेवाएं प्रदान करता रहा। इंटॅलसेट-III के जरिए ऐसे स्थिर एंटेनाओं की तकनीकी शुरुआत हुई जो पृथ्वी की ओर परिशुद्ध रूप में इंगित कर सकते हैं। इंटॅलसेट-IV (1971) ने 4,000 परिपथों और 2 टी. वी. चैनलों तक क्षमता में वृद्धि की। इसमें दो सार्वभौम संप्रेषण एंटेना और उच्च परियात घनत्व के क्षेत्र को सेवाएं प्रदान करने के लिए दो स्टियरेबिल स्पॉट विकिरण एंटेना थे। इसके जरिए अपेक्षाकृत कम परियात वाले मार्गों पर मांग किये जाने के आधार पर संपर्क प्रदान किये गये जहां सारे समय के लिए परिपथ उपलब्ध करवाना व्ययसाध्य हो। इंटॅलसेट-IV ए (1975) में (द्विपथी) 6,000 परिपथ तथा दो टी. वी. चैनल थे। इसमें अतिरिक्त क्षमता पूर्वी और पश्चिमी विकिरण को भौगोलिक पृथकत्व द्वारा प्राप्त सी-बैंड (6 और 4 गि. हट्‌र्ज) में आवृतियों के दुहरे पुनर्प्रयोग द्वारा प्राप्त की गयी। अगली शृंखला का इंटॅलसेट-V प्रथम तीन धुरी वाला स्थिर अंतरिक्ष यान था (इससे पहले के उपग्रह घूर्णन-स्थिरता वाले थे)। इसमें सौर-पाल की व्यवस्था थी जिन्हें मौजूदा प्रावधान के

चित्र-27 इंटॅलसेट-VI : शृंखला का अंतिम (ऊपर), इंटॅलसेट-VII : भेजा जाना है।

तहत आवृतियों (14 और 11 गि. हट्‌र्ज) का प्रयोग किया गया। इसकी क्षमता 12 हजार परिपथों और 2 टी. वी. चैनलों से अधिक पहुंच गयी। बोर्ड पर डिजिटल तकनीक के प्रयोग द्वारा उपग्रह (यदि पूर्णतः डिजिटल पद्धति के समरूप कर दिया जाये) एक सेकेंड में एक गिगा बिट (1,000 मिलियन) सूचना भेज सकता है। इस दर से 'एंसाइक्लोपीडिया ब्रिटैनिका' के बराबर की सूचना अटलांटिक के पार एक मिनट में छह बार भेजी जा सकती है। उपग्रह से क्षमता इतनी बढ़ गयी है कि वह डिजिटलाधारित व्यापार तीव्र गति टेक्स्ट, डाटा, फॅसिमिल, श्रव्य और वीडियो दूरसभा जैसी सेवाएं उपलब्ध करा सकता है। इंटॅलसेट-VI (सन्1989) 'अर्ली वर्ड' से पांच सौ गुनी क्षमता रखता है। सन् 1989 में छोड़े गये इंटॅलसेट-VI की क्षमता 24,000 टेलीफोन परिपथों और 2 टी. वी. चैनलों या फिर डिजिटल परिपथ गुणन उपस्कर (चित्र 27) के साथ 1,20,000 परिपथों की है। यह उपग्रह प्रति सेकेंड लगभग 3.5 अरब बिटों के बराबर

सूचना प्रेषित कर सकता है। यह एक मिनट में बीस बार एंसाइक्लोपीडिया ब्रिटैनिका के बराबर सूचना भेजने के लिए पर्याप्त है। सन् 1992 और 1994 के बीच पांच इंटॅलसेट-VII छोड़ने की योजना है।

यह ध्यान देने योग्य बात है कि दो तिहाई से अधिक इंटॅलसेट सदस्य और एक तिहाई स्वामित्व विकासशील देशों का है। अपनी घरेलू दूरसंचार प्रणाली की जरूरतों की पूर्ति के लिए लगभग 40 देश इंटॅलसेट पर आश्रित हैं। इंसेट प्रचालन से पहले भारत ने भी, दूरदराज के क्षेत्रों से संपर्क बनाये रखने हेतु इस प्रणाली की सेवाएं लीं। इसके लिए लघु भू-स्टेशनों का निर्माण किया गया।

दो भू-स्टेशन

इंटॅलसेट के जरिए अंतर्राष्ट्रीय संपर्क के लिए दो भू-स्टेशन एक पूना के करीब आर्वी में और दूसरा देहरादून के समीप स्थापित किये गये हैं। ये दोनों समान हैं किंतु देहरादून वाले स्टेशन में स्वदेशी उपस्करों का अधिक प्रयोग किया गया है। दोनों इंटॅलसेट हिंद महासागर वाले उपग्रह के साथ कार्य करते हैं। दोनों स्टेशनों पर 30 मीटर व्यास वाला एक ही एंटेना संकेतों को प्रेषित करता और प्राप्त करता है। उपग्रह को एक अत्यंत संकरी रश्मि में, 6 गि. हट्र्ज बैंड में सूक्ष्म तंरग आवृति पर संकेत प्रेषित किये जाते हैं। देहरादून नयी दिल्ली से जुड़ा हुआ है जबकि आर्वी, लाइन आफ साइट मार्ग पर एक दूसरे के आमने-सामने ऊंचे टावरों पर लगे एंटेना युक्त रिपीटर स्टेशनों की शृंखला से बंबई से जुड़ा हुआ है।

भू-स्टेशनों के एंटेना को 270 डिग्री अधिक या कम घुमाया जा सकता है और अंतरिक्ष में उपग्रह से संपर्क करने हेतु ऊंचाई में डेढ़ डिग्री से 90 डिग्री तक घटाया जा सकता है। एंटेना की मुख्य डिश सतह की सही शुद्धता कायम रखते हुए ढले हुए मिश्रित एल्युमीनियम के कई पैनलों से बनी होती है। यद्यपि एंटेना का वजन 240 टन होता है तथापि इसे तेजी से घुमाया जा सकता है और यह 36,000 कि. मी. दूर एक डिग्री के पचासवें हिस्से के अंदर उपग्रह को पटरी पर ला सकता है। यह हस्त चालन पद्धति से या फिर स्वतः ही यह काम कर सकता है। एंटेना को चालू करने से पूर्व इंजीनियरों ने यह जानने के लिए एक परीक्षण किया कि पृथ्वी से बहुत दूर स्थित रेडियो स्टार से संकेतों को प्राप्त करने के लिए एंटेना सक्षम है या नहीं।

चूंकि ये संकेत काफी क्षीण होते हैं। अतः उन्हें हीलियम गैस के प्रयोग द्वारा ठंडा करना होता है। इससे शोर घट जाता है और तब तरंग-गाइडों द्वारा संकेत उपस्कर

कक्ष तक पहुंचाये जाते हैं। उपग्रह से प्राप्त होने वाला समूचा स्पेक्ट्रम सोलह ग्राही शृंखलाओं के लिए उपलब्ध होता है और ये, अधिकाधिक देशों द्वारा संप्रेषित 16 विभिन्न कैरियरों का चयन कर सकती हैं। ग्राही शृंखलाओं में अधोविपरिवर्तक होते हैं जो 4 गि. हट्‌र्ज के कैरियरों को 70 मे. हट्‌र्ज की मध्यम आवृति में तथा आधार बैंड के प्राप्त करने के लिए विमॉडुलकों को परिवर्तित करते हैं और भू-केंद्रों के फलस्वरूप उचित अंश प्राप्त कर लिये जाते हैं। इसके जरिए दुनिया के दूसरे देशों से टी. वी. संकेत भेजे और प्राप्त किये जा सकते हैं। एक आपात उपयोगी ग्राही शृंखला, टी. वी. अभिग्रहण के दौरान टी. वी. ध्वनि ग्रहण करती है।

संदेशों और कार्यक्रमों के प्रसारण के लिए देहरादून में तीन पारगमन शृंखलाएं हैं जिनमें एक आधार बैंड यूनिट, मॉडुलक ऊर्ध्वविपरिवर्तक और एक अधिक शक्ति वाले ध्वनि-प्रवर्धक का प्रावधान रहता है। परियात दाहक आधार बैंड दिल्ली या बंबई के मुख्य केंद्र से प्राप्त होता है।

सभी प्रकार के दूरसंचार संदेश आदि को प्राप्त करने और प्रेषित करने के लिए सर्वतोन्मुखी क्षमता से युक्त, 30 मीटर व्यास का वृहत् एंटेना स्टैंडर्ड स्टेशन के रूप में जाना जाता है। चूंकि उपग्रहों की शक्ति में वृद्धि होने के साथ ही छोटे भू-केंद्र मितव्ययी हो गये, सन् 1976 में इंटॅलसेट ने दूसरा भू-मापक अपना लिया। जिसके अनुसार सीमित परिचालन वाले 10 मीटर के डिश एंटेना अपेक्षित हैं। उपग्रह के आदर्शात्मक उपयोग के माफिक आने वाली संप्रेषण तकनीक का, मध्यम परियात वाले क्षेत्रों में तथा स्वदेशी संपर्कों के लिए प्रयोग किया जाता है। स्टैंडर्ड बी का एक भू केंद्र, एक रंगीन टी. वी. चैनल या 500 टेलीफोन परिपथों अथवा एक संयुक्त श्वेत-श्याम और सीमित संख्या में दूरदर्शन परिपथों का प्रावधान करने के लिए एक ट्रांसपोंडर का उपयोग कर सकता है। इसके द्वारा एक दर्जन या इससे अधिक केंद्र सेवित हो सकते हैं।

छोटी छोटी डिशें

एंटेना को चालू करने से पूर्व इंटॅलसेट ने विभिन्न व्यास (3.3 एम. और 4.5 एम. सहित) और क्षमता वाले भू-स्टेशनों के 11 अन्य मानकों को विनिर्दिष्ट कर दिया है। इस बीच छोटे एंटेना (3 एम, 5 एम. 7-7 एम. व्यास के) लोकप्रिय हो गये हैं। छोटी डिश वाले छतों पर लगे कुछ ही सीधे उपग्रह के संपर्क में हैं। इंटॅलसेट ने आंकड़े एकत्रित करने और उन्हें वितरित करने (जिसके लिए छोटे टर्मिनल अपेक्षित हैं) पूर्णकालिक निजी डिजिटल डाटा सर्विस प्रदान की है। इंटॅलसेट व्यापार सेवा के

नाम से जानी जाने वाली यह सेवा तीन समुद्र क्षेत्रों के लिए प्रदान की जाती है।

छोटी डिशों ने अंतर्राष्ट्रीय संचार में काफी बड़ा अंतर उपस्थित किया है। छोटी डिश की उपग्रह व्यवसाय संचार सेवा सन् 1984 में यू. के. और कनाडा के बीच प्रारंभ हुई और बाद में संयुक्त राज्य के पूर्वी राज्यों में इसका विस्तार हुआ। भारत में एक अन्य भू-स्टेशन (व्यास में 7-8 एम.) एक इंटॅलसेट महासागर क्षेत्र उपग्रह के साथ कार्य करने हेतु स्थापित किया जायेगा। यह अटलांटिक और हिंद महासागर दोनों के ही ग्राहकों को सेवाएं प्रदान करने हेतु दूरसंचार में विविधता और लोच प्रदान करेगा।

इंटॅलसेट ने अपनी सेवा के 25 वर्ष पूरे कर लिये हैं। एक अद्भुत तथ्य यह है कि इंटॅलसेट प्रचालन की विश्वसनीयता सतत रूप से 99.9 प्रतिशत रही है। इससे भी अधिक बड़ी बात यह है कि इंटॅलसेट प्रणाली के प्रयोग की लागत 30 गुना कम हुई है। इस प्रणाली ने सर्वप्रथम सार्वभौमिक रूप से अंतर्राष्ट्रीय डिजिटल सेवाएं उपलब्ध करायी हैं। इस प्रणाली की सेवाएं अवरुद्ध अंतःसागरी केबिलों को फिर से कारगर बनाने के लिए भी शुरू की गयी हैं।

प्रौद्योगिकीय प्रगति

संचार उपग्रहों द्वारा की गयी प्रौद्योगिकीय प्रगति अद्भुत है। अंतरिक्ष संपर्क के प्रारंभिक दिनों में उपग्रह से उत्पन्न किरणें पृथ्वी के केवल एक तिहाई भाग को आच्छादित करती थीं और (प्रभावी समदिक् विकिरित शाक्ति कही जाने वाली) विस्तृत दीर्घ वृत्ताकार क्षेत्र पर उपग्रह द्वारा ऊर्जा की चमक केंद्र में तो सशक्त थी किंतु किनारों पर क्षीण थी। इस प्रकार की किरण उपग्रह द्वारा अब भी भेजी जाती है। संकेत ग्रहण करने हेतु विशाल भू-स्टेशनों की जरूरत पड़ी। (जैसा कि आर्वी में है)। चूंकि बड़े उपग्रह अवस्थित किये जा सकते थे, पटल पर अधिक सशक्त संकेत निष्पादित किये जा सकते थे और निर्धारित क्षेत्रों को आच्छादित करने हेतु एंटेना को घुमाया जा सकता था। निर्धारित भौगोलिक क्षेत्र के लिए संकेत बिंदु किरणों के रूप में भेजे जा सकते हैं। चूंकि विभिन्न बिंदु किरणें एक ही आवृति को उपयोग में ला सकती हैं अतः आवृतियों का पुनर्प्रयोग संभव है। बड़े उपग्रह संकरी किंतु सशक्त किरणें छोड़ सकते हैं जो छतों पर लगे छोटे एंटेनाओं द्वारा भी ग्रहण की जा सकती हैं।

चूंकि प्रारंभ में प्रयोग (6-4 गि. हट्र्ज) किये गये संचार बैंड स्थलीय सूक्ष्मतरंग संपर्कों द्वारा भी प्रयोग में लाये गये, उच्चतर आवृतियों को आजमाने के प्रयास किये गये जो कि अधिक आंकड़े भेजने के लिए उपयोगी थे। कुछ देशों ने 11 और 14 गि. हट्र्ज को आजमाया जबकि जापान जैसे कुछ देशों ने 20-30 गि. हट्र्ज को

सफलतापूर्वक आजमाया। उच्चतर आवृतियों का निष्पादन 'गतिशील तरंग नलिका' नामक युक्ति के विकास से संभव हुआ जो निवेश संकेत को विचित्र ढंग से 10,000 गुना बढ़ा देती है।

किसी उपग्रह में उपलब्ध आवृति का विभिन्न प्रकार से प्रयोग हो सकता है। उपग्रह पटल पर प्रत्येक रिपीटर का अपना आवृति क्षेत्र होता है जो विभिन्न प्रकार के परियात को संभालने के लिए विसंगत बैंडविड्थों में विभाजित होता है। स्थलीय प्रणाली की भांति आवृतियों के भीतर का स्थान विभिन्न प्रयोक्ताओं द्वारा बंटवारे के आधार पर प्रयोग किया जा सकता है। एक पद्धति में उपग्रह की शक्ति और बैंडविड्थ नियत आधार पर आवंटित होती है और वास्तव में प्रयुक्त चैनलों की संख्या को ध्यान में रखे बिना सतत प्रयोग में आती हैं। 'प्रति कैरियर इकहरा चैनल' (सिंगिल चैनल पर कैरियर–एस. सी. पी. सी.) नामक दूसरी पद्धति में कैरियर वास्तव में बातचीत के समय ऊर्जस्वित होता है और बातचीत के रुकते ही कट जाता है। यदि एक व्यक्ति बोल रहा है तो एक ही कैरियर ऊर्जस्वित होता है। यह पद्धति ऐसे स्टेशनों के लिए उपयोगी है जो हल्के परियात क्षेत्र में अंतर्राष्ट्रीय सार्वजनिक स्विच सेवा का प्रचालन करते हैं जबकि सामान्य पूर्व–निर्धारित पद्धति मध्यम परियात स्तर की सेवाएं दे सकती है। एस. सी. पी. सी. प्रणाली, डिमांड असाइंड मल्टिपल एक्सेस (डामा डी. ए. एम. ए.) नामक तकनीक का प्रयोग कर सकती है जिसमें किसी स्टेशन के लिए आवृति पूर्व निर्धारित नहीं होती। संयोजित किया जाने वाला चैनल किसी भी उपलब्ध आवृति के लिए निर्धारित कर दिया जाता है जिसके परिणामस्वरूप आकाश में एक प्रतीयमान स्विच अस्तित्व में आ जाता है और उपग्रह की क्षमता प्रभावी ढंग से प्रयोग होती है। इस पद्धति द्वारा देर तक बिखरे हुए टर्मिनल क्षेत्रीय स्टेशन पर बिना आवृति को नष्ट किये सेवाएं प्राप्त कर सकते हैं। एक अन्य तकनीक के तहत विभिन्न भू-स्टेशन किसी आवृति को समय विभाजन के आधार पर प्रयोग कर सकते हैं। इस तकनीक को 'टाइम डिविज़न मल्टीपल एक्सेस' (टी. डी. एम. ए.) कहते हैं। यह प्रणाली मध्यम और अत्यधिक परियात के लिए अनुकूल है। इसके लिए डिजिटल संप्रेषण तकनीकें काम में लायी जाती हैं। बातचीत प्रतिदर्शित की जाती है और प्रतिदर्शों के सदृश्य कूटित स्पंदन उसी आवृति पर निरंतर नहीं बल्कि जैसे जैसे आते हैं ढेर के ढेर भेज दिये जाते हैं। प्रति सेकेंड 8,000 प्रतिदर्श पर (प्रत्येक प्रतिदर्श के 8-बिट के कूट सहित) प्रति सेकेंड प्रति चैनल 64,000 बिटें होंगी और 30 चैनलों के लिए प्रति सेकेंड 2 मे. बिट होंगी। उपग्रह प्रतिदर्शों का पृथक पृथक ढेर प्राप्त करता और वापस सभी टर्मिनलों को प्रसारित करता है जिसमें से प्रत्येक टर्मिनल संसूचना फ्रेम को घटक में विभाजित करता है और वांछित संकेतों का चयन कर लेता है।

भारत द्वारा तैयार किये गये डिजाइन पर निर्मित भू-स्थिर उपग्रह 'एप्पल' 5,000 घंटों के लिए प्रचालित हो चुका है। उन्नत संचार प्रौद्योगिकी प्रयोगों में समय विभाजन मल्टीपल एक्सेस (टी. डी. एम. ए.), स्प्रेड स्पेक्ट्रम मल्टीपल एक्सेस (एस. एस. एम. ए.), लघु संचार टर्मिनल (स्कॉट–एस. सी. ओ. टी.) और मल्टीपल रेडियो युक्त टी. वी. सम्मिलित है। एस. एस. एम. ए. के प्रयोग में उपग्रह के ट्रांसपोंडर की समूची बैंडविड्थ तक एकाधिक स्टेशन द्वारा एक साथ पहुंच के लिए प्रावधान कर पाना संभव था; कूट पहचान की मदद से वांछित संकेत प्राप्त किये जाते हैं तथापि एक अन्य प्रयोग के तहत डिजिटल स्पीच अंतर्वेशन (डी. एस. आई.) था। यह इस सिद्धांत पर कार्य करता है कि टेलीफोन चैनल तभी सक्रिय होता है जब कोई व्यक्ति बात करता है और यह समय केवल 40 प्रतिशत होता है। बातचीत एक सेकेंड के 8,000 हिस्सों पर प्रतिदर्शित होगी और प्रत्येक प्रतिदर्श का एक डिजिटल कूट नियत होता है। उदाहरण के लिए यह पद्धति 240 चैनलों को 120 चैनलों में संपीड़ित कर सकती है।

इसके अतिरिक्त, बंबई में एक कंप्यूटर को आम ढंग से अहमदाबाद में एक कंप्यूटर से उपग्रह के माध्यम से इस प्रकार संयोजित किया गया कि दोनों छोर कंप्यूटर के साथ अंत:क्रिया कर सकें। बैंक ऑफ इंडिया ने अपने बंबई और अहमदाबाद स्थित कार्यालयों में होने वाले कार्य में तेजी लाने के लिए एक प्रयोग किया। अपने मिशन की समाप्ति पर रोबोटिक्स (रोबोट का प्रयोग) पर एक पाठ्यक्रम 'एप्पल' के जरिए एक साथ बंगलौर, मद्रास, अहमदाबाद और नयी दिल्ली के वैज्ञानिकों के लिए प्रतिबिंबित किया। बंगलौर में संकेत एक परिवहनीय भू-टर्मिनल के माध्यम से प्राप्त हुए। इसका डिजाइन एक वीडियो और आठ श्रव्य चैनलों तक को प्राप्त करने और भेजने हेतु (बिना विद्युत वाले क्षेत्रों में अपने डीजल जेनरेटर युक्त) तैयार किया गया था। भारत ने एक सॉफ्टवेयर निर्यात कार्यक्रम विकसित किया है जो कंप्यूटर प्रचालन के लिए एक नवीन उद्योग है। यह कार्यक्रम, भारत की ओर से इंटॅलसेट के लिए समझौता करने वाले विदेश संचार निगम की सहायता से इलेक्ट्रॉनिक के माध्यम से निर्यात किया जा सकता है।

समय का विलंब

उपग्रह संप्रेषण पथ 71,000 किलोमीटर लंबा है। इकतरफा संकेत प्रसारण समय लगभग 270 मिली सेकेंड है किंतु भू-केंद्र की अवस्थिति के अनुसार इसमें किंचित भिन्नता होती है। प्रयोगकर्ता को प्राय: जवाब के लिये 540 मिली सेकेंड (आधा सेकेंड से अधिक) प्रतीक्षा करनी पड़ती है। सामान्यतया स्थलीय टेलीफोन संकेतन में तो इससे फर्क नहीं पडता किंतु जहां अप्रतिरोधित बहु-आवृति रजिस्टर संकेत* राष्ट्रीय-स्तर का होता है वहां यह बात महत्वपूर्ण हो जाती है। इस मामले में यह पुष्टि करने के लिए कि डिजिट प्रेषित

कंपेल्ड मल्टी फ्रीक्वेंसी रजिस्टर सिग्नलिंग

की जा चुकी है, (ताकि अगली डिजिट संप्रेषित की जा सके) दो वर्तुल-फेरी संप्रेषणों की आवश्यकता होती है। ट्रंक स्वचालित केंद्रों को जो कि उपग्रह परियात को संभालेंगे, अंतरिक्ष से संकेत स्वीकार करने और उन्हें संभालने हेतु समंजित करना पड़ेगा। एक डिजिट को संप्रेषित करने के लिए करीब करीब 1.2 सेकेंड का सुर संधान समय लगेगा। अतः एक 10 डिजिट की संख्या को संप्रेषित करने के लिए 12 सेकेंड या इससे अधिक समय लगेगा। स्वचालित संख्या पहचान सूचना प्रेषित करने के लिए और भी अधिक समय की आवश्यकता होती है। इस सब का परिणाम दीर्घ डायलतोत्तर विलंब के रूप में होता है। इस विलंब को कम करने के लिए अनेक कदम उठाये गये हैं। उपस्कर में लॉजिक के संशोधन द्वारा, जिसमें कि वापसी संकेत सतत होने की अपेक्षा लघु-स्पंद रूप में हो सकते हैं, अर्ध-अप्रतिरोधित संकेतन प्रयोग किये जा सकते हैं। यह संप्रेषण समय को 1.2 सेकेंड से 0.8 सेकेंड कर देगा। किसी अन्य तकनीक के अनुरूप स्वयं अप्रतिरोधित संकेतन को परिवर्तित किया जा सकता है। कोई बोलने वाला अपनी आवाज न सुन सके, इसके लिए प्रतिध्वनि रोधक लगा रहता है। जब कोई व्यक्ति बात करता है तो दूसरे छोर से आवाज अवरुद्ध हो जाती है और तभी खुलती है जब दूसरा व्यक्ति अपनी बात समाप्त कर लेता है। दोनों एक साथ बात नहीं कर सकते। विलंब आवाज या प्रसारण परियात के लिए ज्यादा मायने नहीं रखती हांलाकि यह कंप्यूटर-से-कंप्यूटर वार्ता की दृष्टि से या फिर एकाधिक उपग्रह के माध्यम से भेजे जानी वाली कॉलों के लिए समस्या बन सकती है।

इंसेट और इंटॅलसेट के अतिरिक्त पृथ्वी की कक्षा में अनेक घरेलू और अन्य प्रदेशीय उपग्रह भी हैं। संयुक्त राज्य, कनाडा, सोवियत यूनियन, यूरोप, जापान, चीन, इंडोनेशिया, आस्ट्रेलिया और अरब देशों की घरेलू उपग्रह सेवाएं हैं। अप्रैल 1990 में प्रथम प्राइवेट संचार उपग्रह चीन द्वारा छोड़ा गया था। जब इंसेट अपर्याप्त सिद्ध हुआ तब अरबसेट और सोवियत उपग्रहों को भारत में घरेलू टी. वी. वितरित करने के काम में लाया गया।

इन्मरसेट की भूमिका

उपग्रहों ने समुद्रवर्ती संचार सुविधाओं को काफी विश्वसनीय बनाया है और सहज रूप से उपलब्ध करा दिया है। अब आयन मंडल की तरंगें सागर के जहाजों के लिए कॉलों को प्रभावित नहीं करतीं। संकुचित रेडियो चैनल समस्या खड़ा नहीं करते। जहाजों के लिए कॉल बिना देर किये हुए जा सकते हैं। जिस संगठन के कारण यह परिवर्तन आया है उसका नाम है 'इन्मरसेट' (इंटरनेशनल मेरी टाइम सेटेलाइट ऑर्गनाइजेशन)। इसने सन् 1982 में प्रचालनकार्य प्रारंभ किया और अनेक देश इसके

संगठन में शामिल हो गये हैं। हजारों जहाज भू-स्टेशन चालू हो गये हैं। ये स्टेशन तेल के टैंकरों, पोत और आधार जहाजों, यात्री जहाजों और भूकंपीय सर्वेक्षण जहाजों के अतिरिक्त तेल खुदाई करने वाले जहाजों के मस्तूल सहित विविध प्रकार के जहाजों पर संस्थापित हैं। अनेक तटीय भू-स्टेशन राष्ट्रीय नेटवर्क के लिए संपर्क प्रदान करने हेतु प्रचालित हो रहे हैं। यह नयी प्रणाली समुद्र से तेल की खुदाई और उत्पादन कार्य में काफी लाभप्रद सिद्ध हो सकती है।

इन्मरसेट वास्तव में दुनिया में कहीं भी चौबीसों घंटे की श्रेष्ठ गुणवत्ता वाली दूरसंचार सेवाएं प्रदान करता है। इसके अतिरिक्त यह संकट की घड़ी में सतर्क करने, सामूहिक कॉल डाटा संचार फेसीमिल और अपने उद्देश्य के लिए लैस जहाज और तटीय स्टेशन सहित पट्टे पर जारी परिपथ उपलब्ध कराता है। जहाज से तट की दिशा में तीव्र गति की डाटा सेवा भी प्रति सेकेंड 56 किलोबिट की दर से उपलब्ध है। जहाज से तट के लिए कॉल टेलेक्स और टेलीफोन के लिए स्वचालित हैं। उपग्रह टेलेक्स सामान्यतया मोर्स तार से कम खर्चीला है।

पोत आदि से संबंधित आंकड़ों का विशाल अंबार पहली बार तट पर प्रयोग के लिए शीघ्रता से उपलब्ध कराया जा सकता है।

संचार के लिए जहाजी टर्मिनल एल-बैंड (1.5 – 1.6 गि. हट्र्ज) समुद्री आवृतियां तथा तटीय स्टेशन सी-बैंड (3.6 – 6.4 गि. हट्र्ज) का उपयोग करते हैं। संचार उपप्रणाली जहाज से किनारे तक (250 स्वर-चैनल) और किनारे से जहाज तक (125 स्वर चैनल) दो स्वतंत्र संपर्क उपलब्ध कराती है। एक मीटर व्यास वाले जहाजी भू-टर्मिनल को पर्याप्त रूप से स्थिर कर दिया जाता है ताकि वह सारे समय यहां तक कि जब समुद्र में ज्वार उठ रहा हो तब भी उपग्रह को भलीभांति देख सके।

पृथ्वी की संकुलित कक्षा

पृथ्वी की समक्रमिक कक्षा संकुलित होती जा रही है। चूंकि यह कक्षा 36,000 कि. मी. दूर है, अतः पृथ्वी के चारों ओर एक 3,00,000 कि.मी. लंबी परिधि मानी जा सकती है। वर्तमान में तीन डिग्री के अंतर पर रहते हुए सेटेलाइट कुल 120 स्थितियां बनाते हैं। यदि उपग्रहों को समीप लाकर, उन्हें दो डिग्री के अंतर पर स्थित कर दिया जाये तो 60 और स्थितियां उपलब्ध हो जायेंगी और तब किन्हीं दो उपग्रहों के बीच मौजूदा 2,200 कि. मी. की दूरी घटकर 1,500 कि. मी रह जायेगी। इसके लिए भू-स्टेशन एंटेनाओं को संकरी रश्मियां उत्पन्न करनी होंगी, अन्यथा, वे पृथ्वी की कक्षा तक पहुंचते पहुंचते इतनी फैल जायेंगी कि वे समीप के उपग्रह के साथ व्याघात उत्पन्न करेंगी। जैसे जैसे जमीन पर एंटेना डिश का व्यास घटता जाता है, वैसे-वैसे रश्मि-पटल बढ़ता जाता है किंतु ब्रिटिश टेलीकॉम इंटरनेशनल द्वारा विकसित नयी पीढ़ी

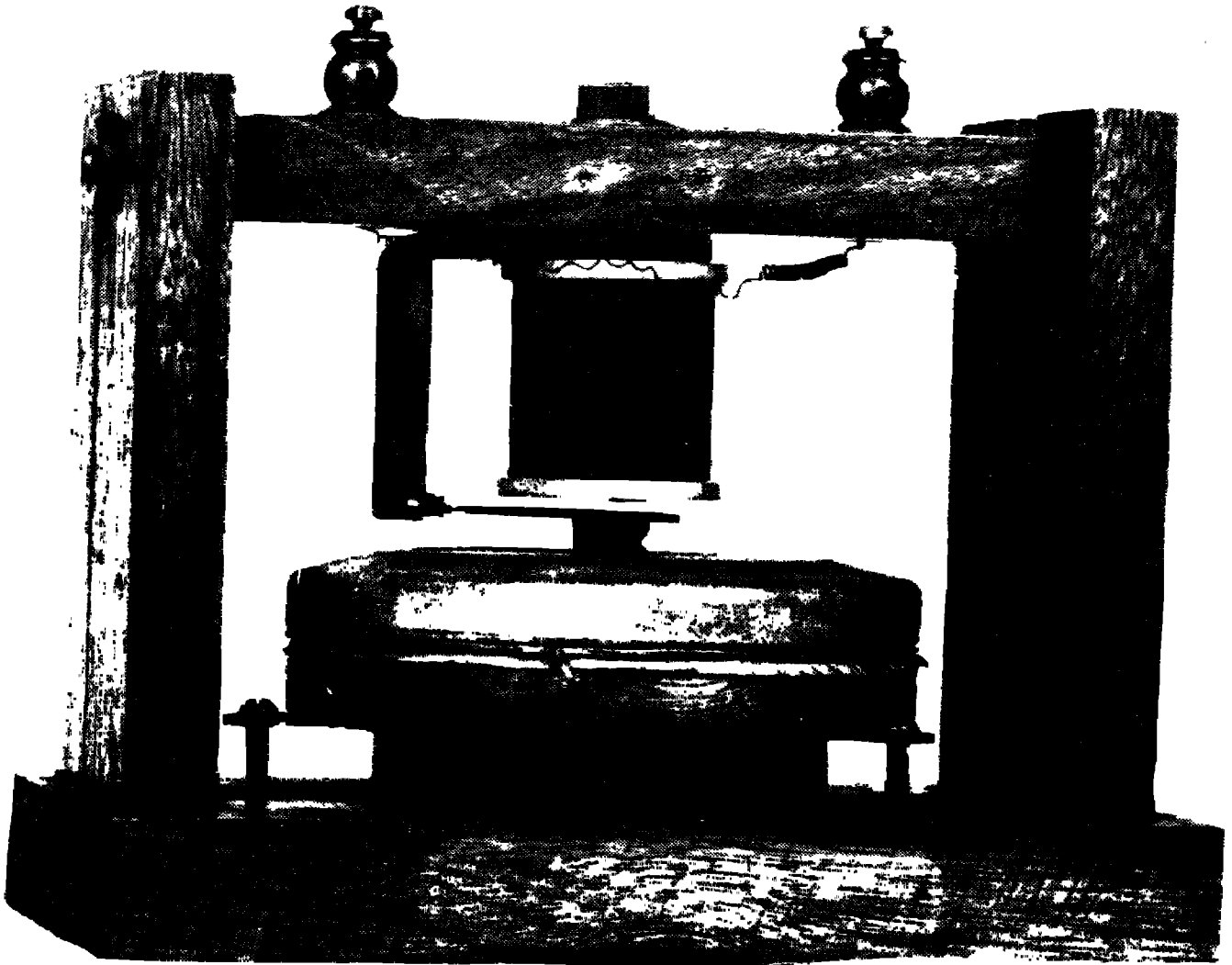
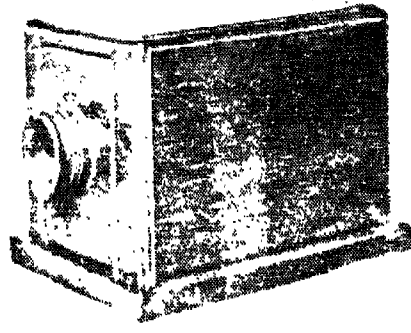
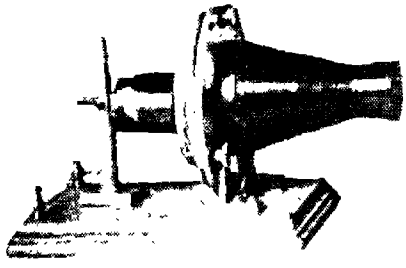
के छोटी डिश वाले एरियल जो रश्मि प्रतिबिंबित करते हैं (14 गि. हट्र्ज पर) उसके पटल पृथ्वी की कक्षा तक पहुंचने पर मात्र 336 कि. मी. रहते हैं। एंटेना का डिश रिफ्लेक्टर परवलयिक होता है (ब्यास 5.5 मी.)। इसका डिजाइन, सत्रहवीं शताब्दी के स्कॉटिश गणितज्ञ, जेम्स ग्रेगरी द्वारा विकसित प्रकाशिक दूरबीन के रेखागणित पर आधारित है।

यह समस्या जटिल है क्योंकि विकीर्णन शक्ति और प्राप्त संकेत शक्ति हर उपग्रह की एक दूसरे से भिन्न होती है। अधिक शक्ति और कम शक्ति के संकेतों में एक दूसरे पर आच्छादन हो सकता है। दरअसल व्याघात उत्पन्न होता है बहुतायत से प्रयोग होने वाली (जैसे 6 और 4 गि. हट्र्ज) रेडियो आवृतियों के कारण। इन आवृतियों की प्रसारण विशेषताएं भलीभांति ज्ञात हैं इसीलिए इनकी मांग है और फिर सभी मामलों में तकनीकी दृष्टि से उच्चतर आवृतियों का उपयोग संभव नहीं होता। पृथ्वी की कक्षा के कुछ खंडों में अधिक जमाव है क्योंकि नीचे देशों के लिए कक्षा के ये खंड आदर्श रूप से उपयुक्त हैं। हिंद महासागर के ऊपर का महराव अनेक उपग्रहों को अवस्थित करने की दृष्टि से लोकप्रिय जगह है। अवस्थित को तय करने में जो एक बात महत्वपूर्ण होती है वह है ग्रहण का पड़ना जो कि सूर्य के चारों और पृथ्वी के घूमने के कारण होता है। ग्रहण की अवधि में उपग्रह के पटल पर लगी बैटरियों को जरूरत की शक्ति प्रदान करनी होती है। इसलिए जहां तक संभव हो सुदूर पश्चिम में देशांतरों पर उपग्रह को अवस्थित करने की प्रवृत्ति पायी जाती है ताकि ग्रहण की अवधि का चरम बिंदू रात्रि के समय पड़े या फिर उस समय के आसपास जब अधिक परियान (ट्रैफिक) की अपेक्षा नहीं होती। उदाहरण के लिए यदि एक हिंद महासागर उपग्रह 80° पूर्वी अक्षांश पर अवस्थित है तो भारत में ग्रहण के समय का चरम बिंदू मध्य रात्रि में पड़ेगा। उपग्रह के संकेतों का फैलाव जो दूसरे देशों में भी प्रभाव डाल सकता है। चूंकि उपभोक्ताओं के लिए जो बैंडविड्थ उपलब्ध करवायी जाती है (सामान्यतया 500 मे. हट्र्ज) वह लगभग प्रत्येक उपग्रह द्वारा पूर्णरूपेण प्रयोग की जाती है और उपग्रहों के बीच अधिक अंतर नहीं रह जाता; इससे भी व्याघात उत्पन्न होता है।

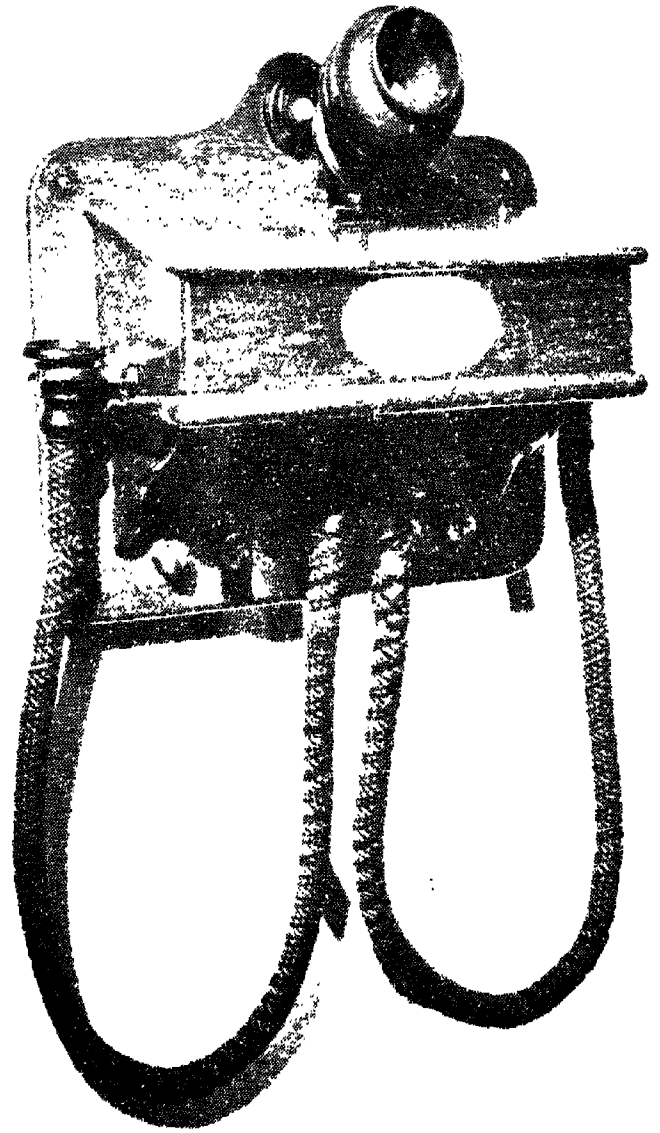
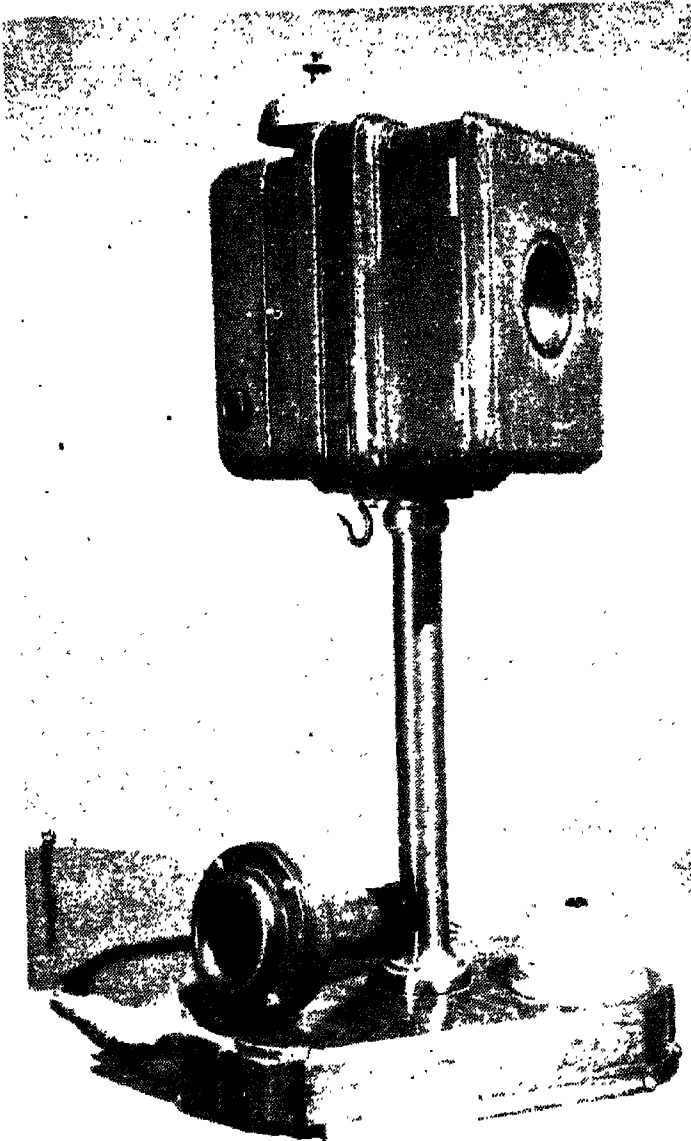
पृथ्वी की कक्षा को अति संकुलन से बचाने का यही हल है कि जिन देशों की और संगठनों की आपस में रुचि हो, संबंधित उपग्रहों की तकनीकी विशेषताओं में समंजन करके अवस्थितियों के बारे में समझौते कर सकते हैं। भारत का इंसेट-I बी 74° पूर्वी देशांतर पर अवस्थित था। यह ऐसा स्थान था जो अन्य संबंधित देशों—संगठनों से विचार विमर्श करने के पश्चात् प्राप्त किया गया। इंसेट-I डी को 83° पूर्व में स्थापित करने का अपना विचार अधिसूचित कर दिया था। तथापि कुछ मामलों को छोड़कर

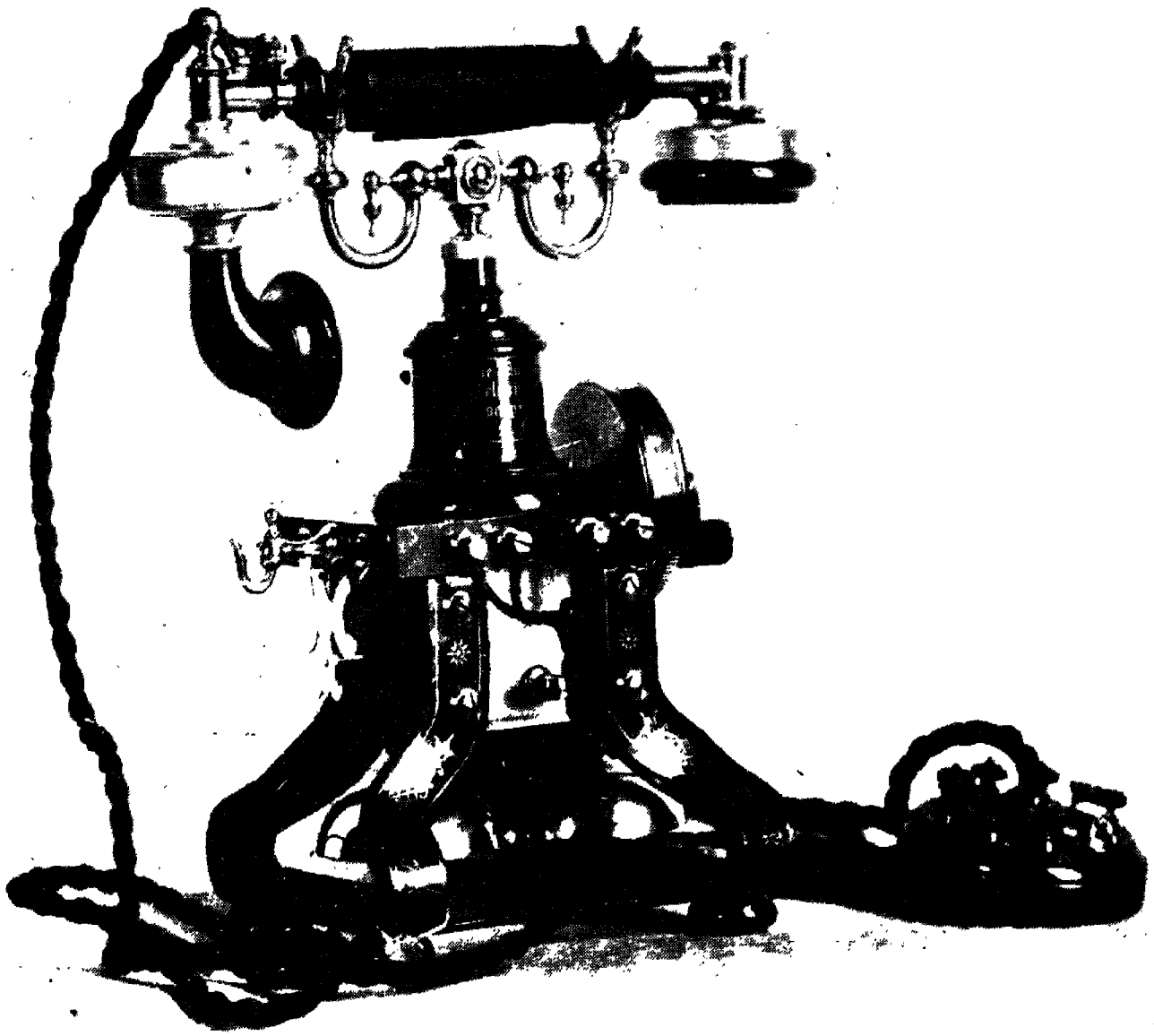
व्यवहार में तरीका यह रहा है कि जो पहले मारे सो मीर। विकासशील देश यह महसूस करते हैं कि पृथ्वी की कक्षा में खंड, विशेष उस उचित समय के लिए जब तक उपग्रह उस अवस्थिति को घेरे रखने की स्थिति में है उतने समय तक ही वह खंड विशेष आरक्षित किया जाना चाहिए। भारत का विचार है कि समक्रमिक कक्षा और रेडियो स्पेक्ट्रम तक किसी देश की पहुंच, उसकी आवश्यकता, आर्थिक साधन, प्रौद्योगिकी स्तर और सभी देशों को अधिकतम लाभ पहुंचाते हुए पृथ्वी की कक्षा और स्पेक्ट्रम के प्रभावी ढंग से प्रयोग के अनुरूप होनी चाहिए।

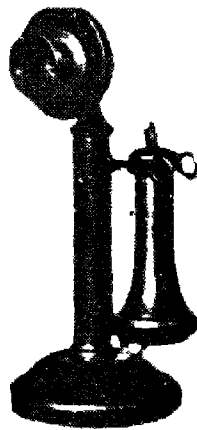
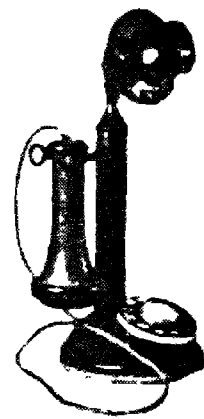
आई. टी. यू. ने यह स्वीकार किया है कि आवृति आवंटन से किसी को भी स्थायी रूप से अधिकार या वरीयता नहीं मिल जाती तथा यह भी कि पृथ्वी की कक्षा और रेडियो स्पेक्ट्रम के उपयोग के लिए सभी देशों को समान अधिकार हैं। आई. टी. यू. इस समस्या को हल करने के लिए समय समय पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन आयोजित करती रहती है।

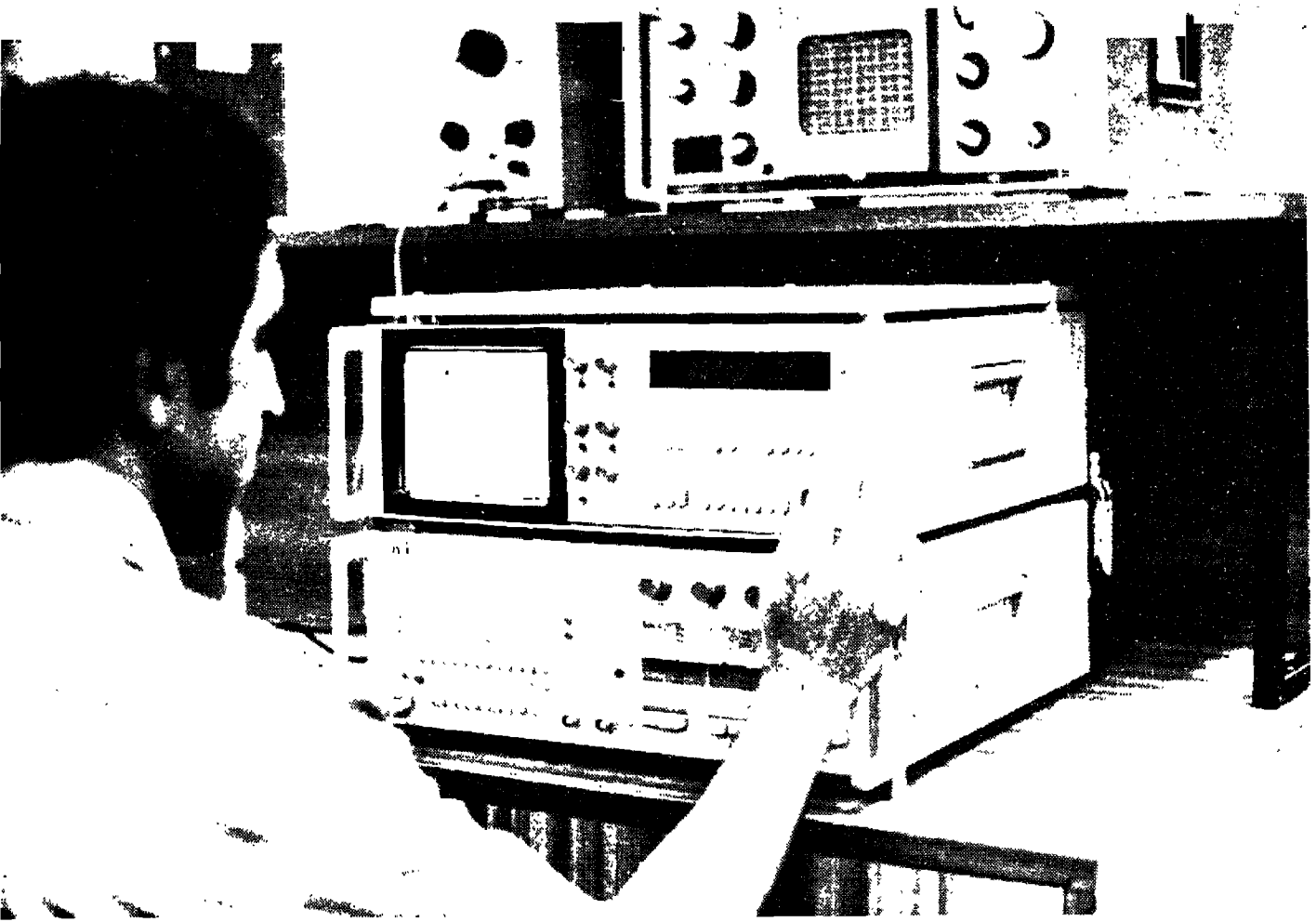
(1) अलेक्जेंडर ग्राहम बैल और उसका आविष्कार

(2) (क) स. राज्य की सन् 1876 की शताब्दी प्रदर्शनी में प्रदर्शित टेलीफोन का प्राचीन मॉडल

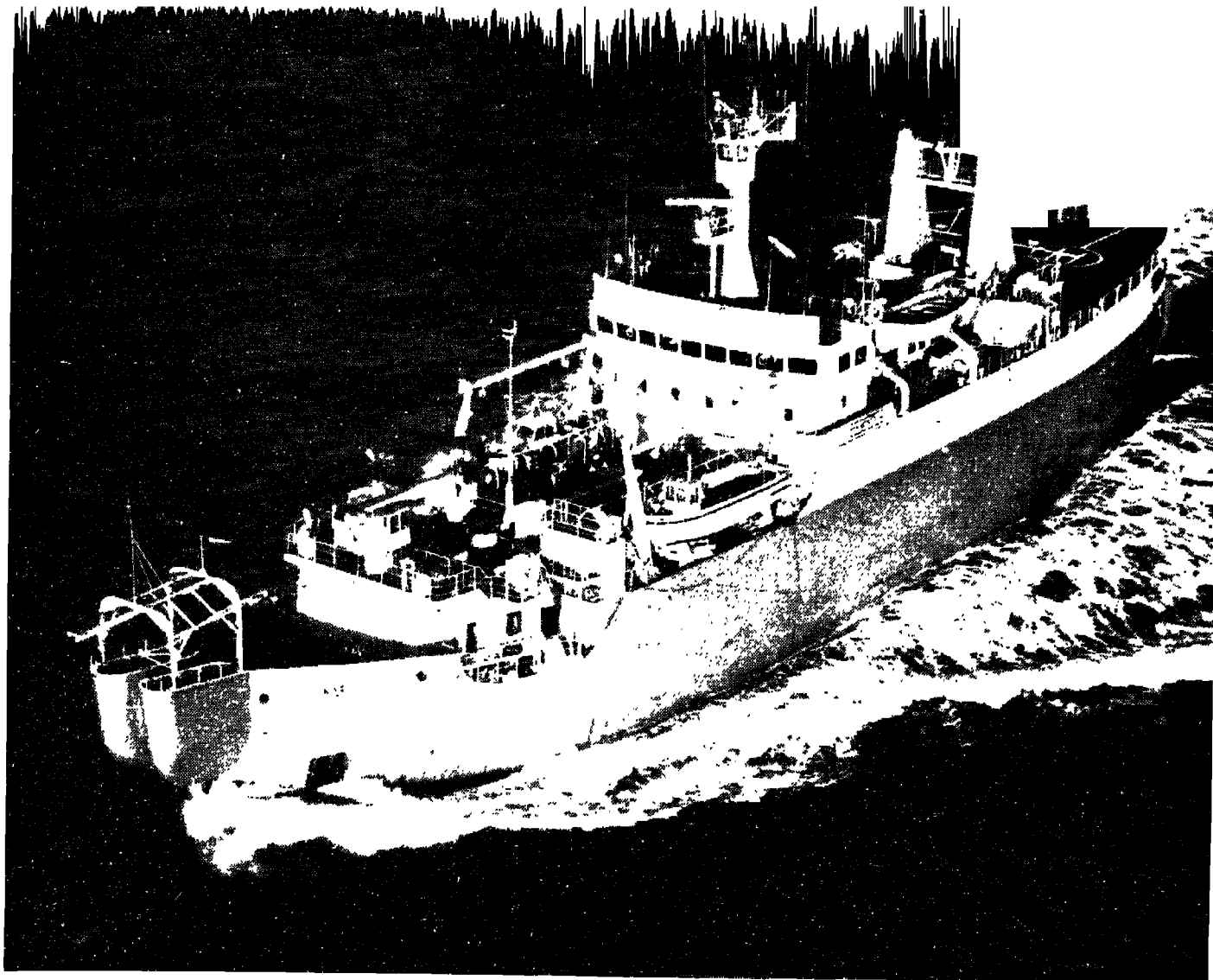
(ख) एक विवर युक्त व्यावसायिक टेलीफोन। वह विवर ट्रांसमीटर और रिसीवर दोनों का काम करता है (1877)

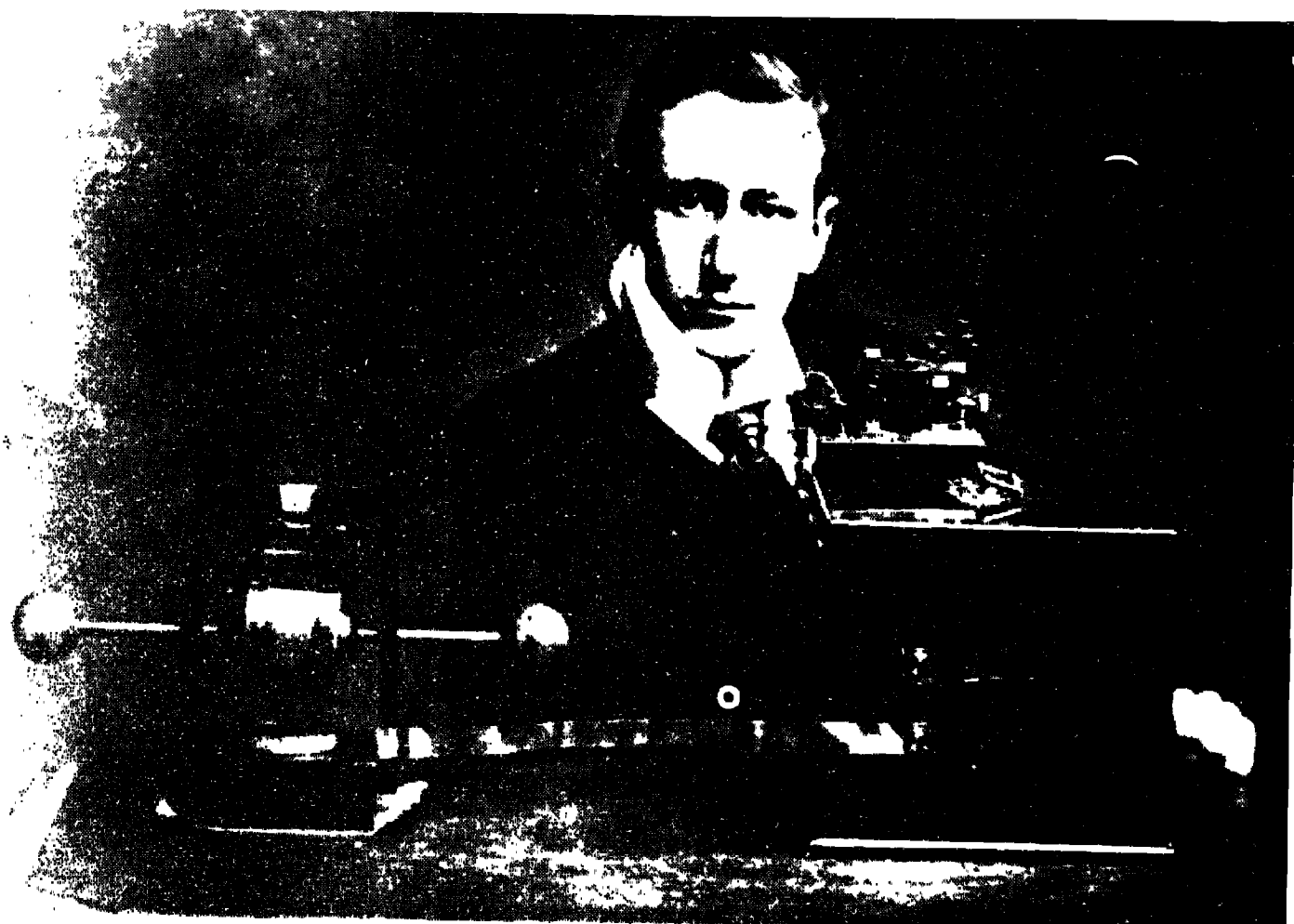
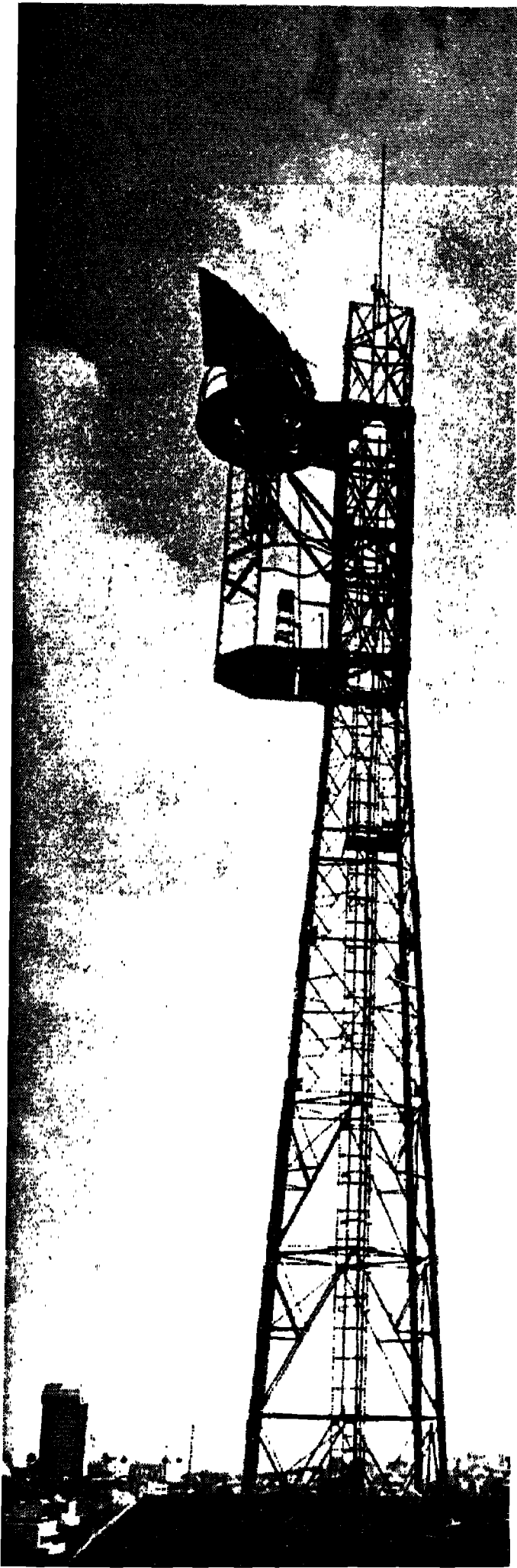
(ग) एक दूसरा रिसीवर-ट्रांसमीटर जोड़ा गया जिससे बात करना और साथ ही साथ सुनना संभव हो गया (1878)

(घ) बैल के रिसीवर के साथ प्रयुक्त एडिसन का कार्बन ट्रांसमीटर

(ङ) ब्रिटिश डाकघर का एक फोन (1880)

(च) एरिक्सन फलक शीर्ष जो 1892 में चलन में आया

(छ) डेस्क सेट का ऊर्ध्वाधर मॉडल (1897)

(ज) डायल टेलीफोन (1919)

(झ) संयुक्त रिसीवर और ट्रांसमीटर वाला फ्रांस का उत्तम फोन (1928)

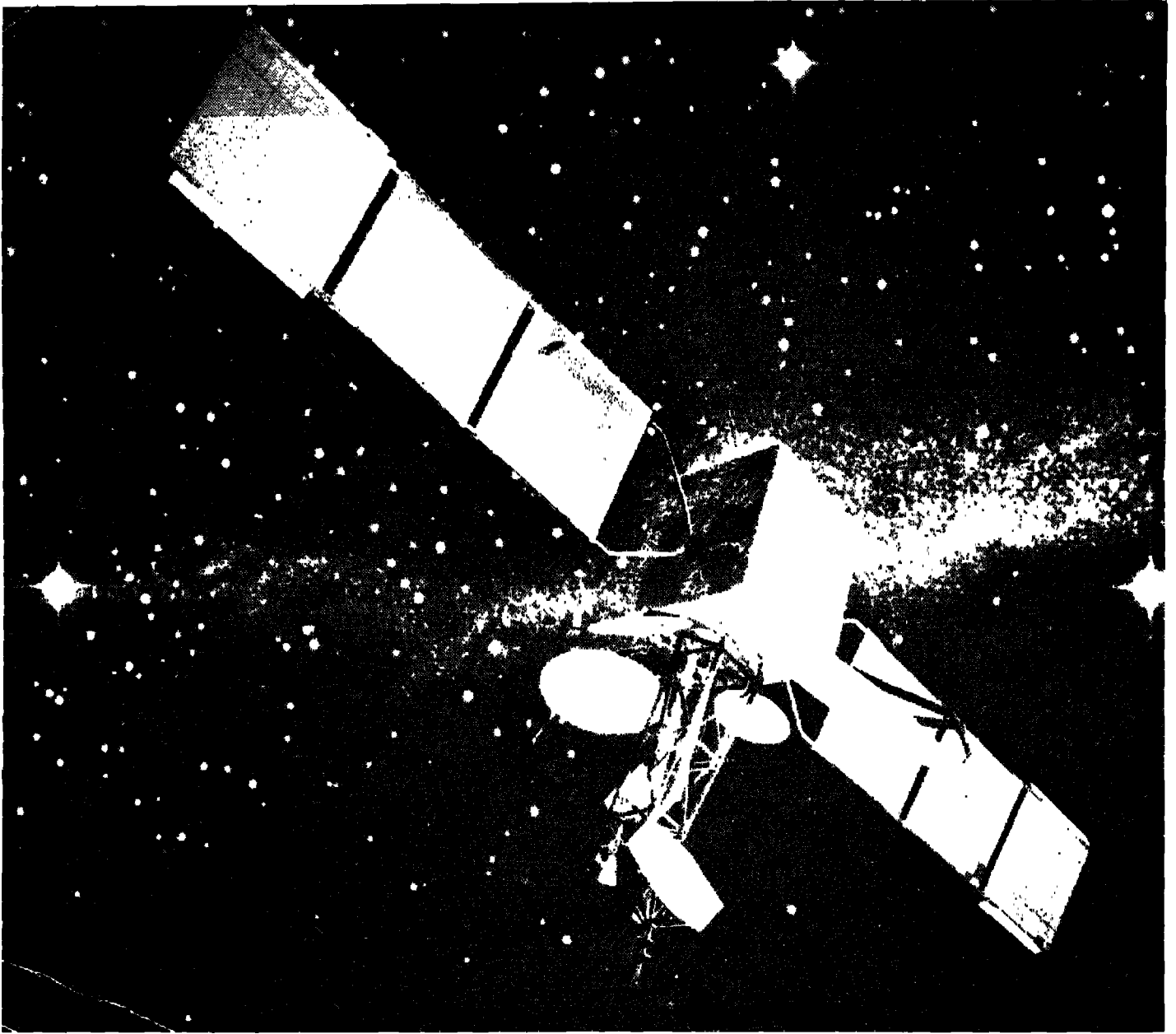
(ञ) संशोधित डेस्क सेट, इनमे से एक अंदर से घंटीयुक्त (1937)

(3) स्पेक्ट्रम विश्लेषक जो नयी दिल्ली स्थित उच्चस्तरीय दूरसंचार प्रशिक्षण केंद्र में आवृतियों के व्यवहार,संकेतों की तुलना और संप्रेक्षण में विरूपण के अध्ययन में प्रयोग होता है

(4) केबिल डालने में सावधानीपूर्ण नियोजन ओर कठिन परिश्रम अपेक्षित है

(5) केबिल विकट मौसम और तीव्र ज्वार तक में समुद्र में बिछाये और उनकी मरम्मत किये जाते हैं। यहां मोनार्क नामक ब्रिटिश केबिल मरम्मती जहाज को दर्शाया गया है।

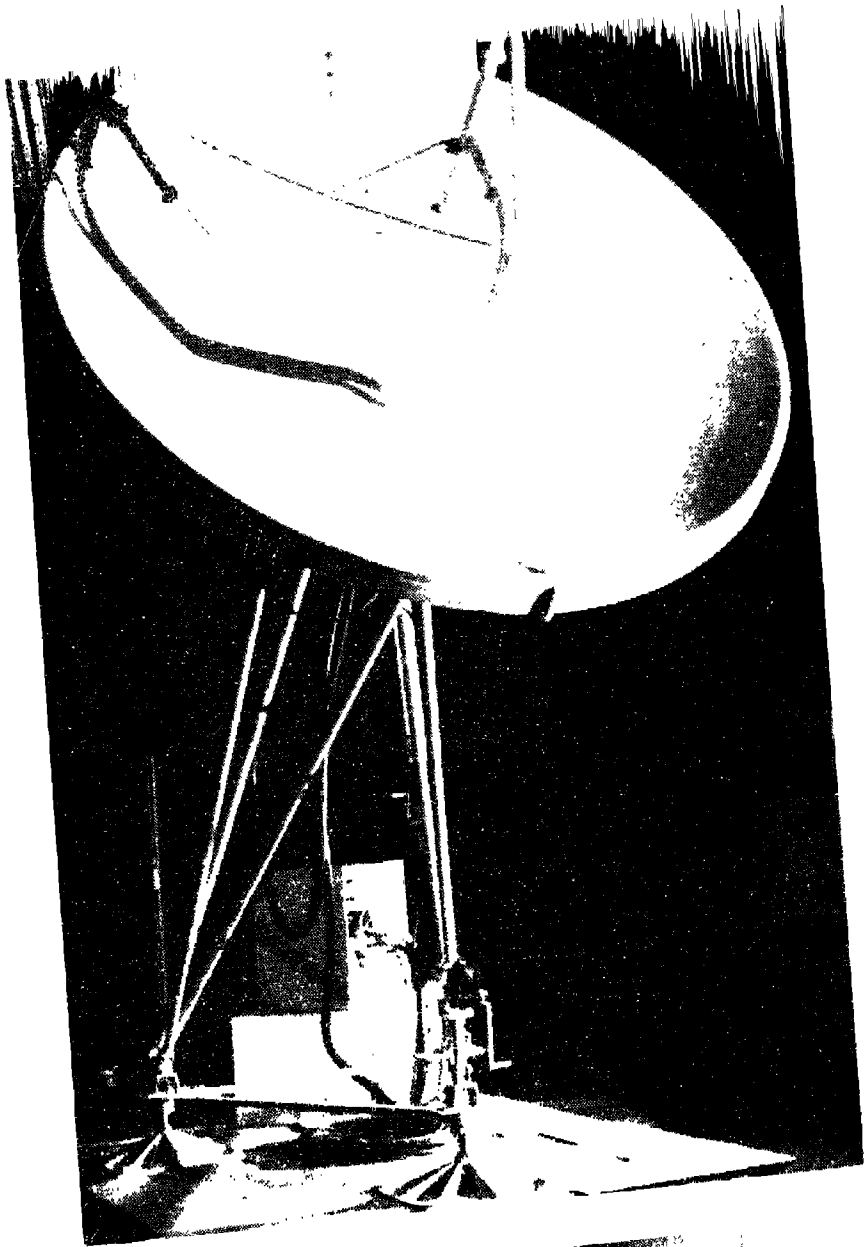
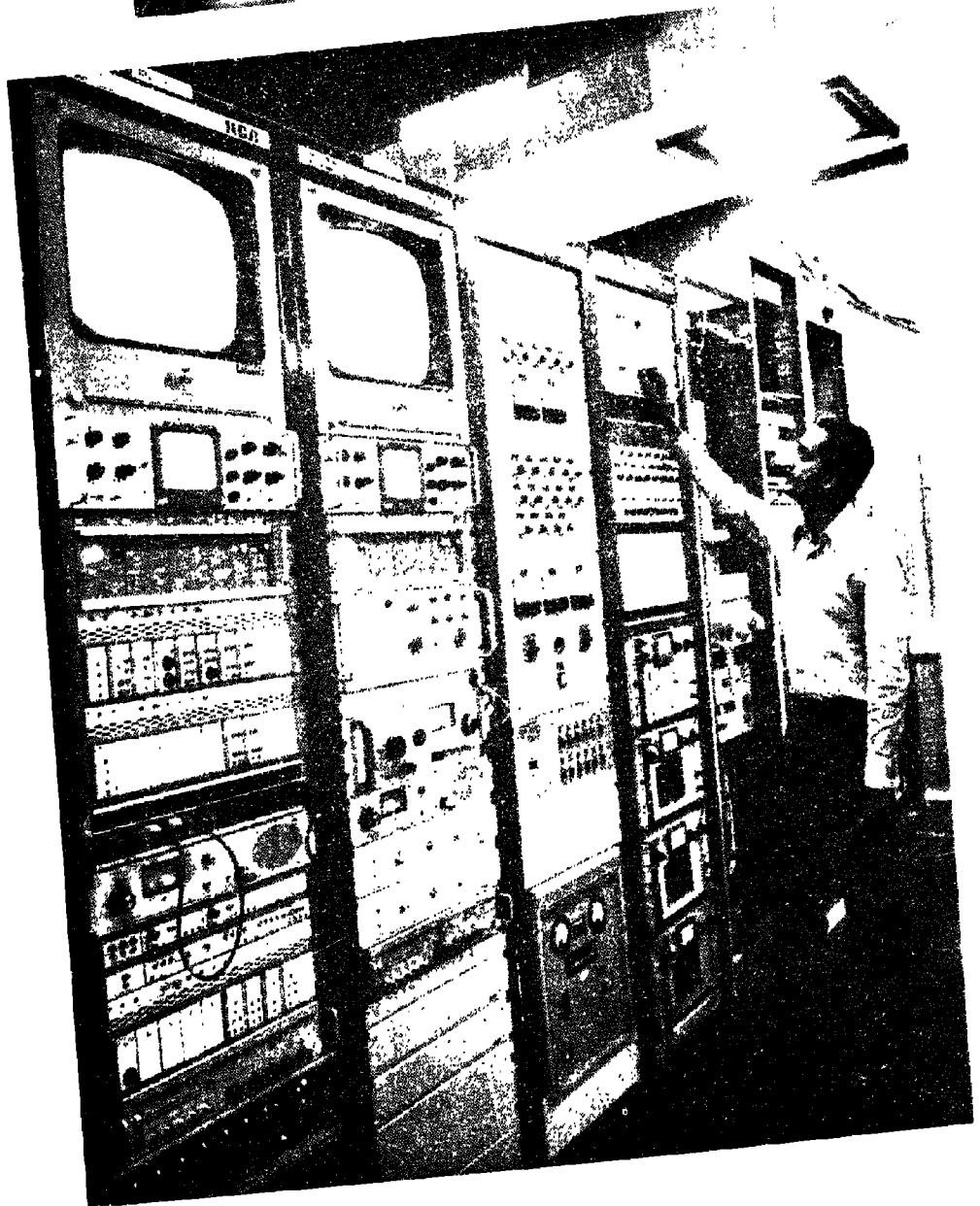
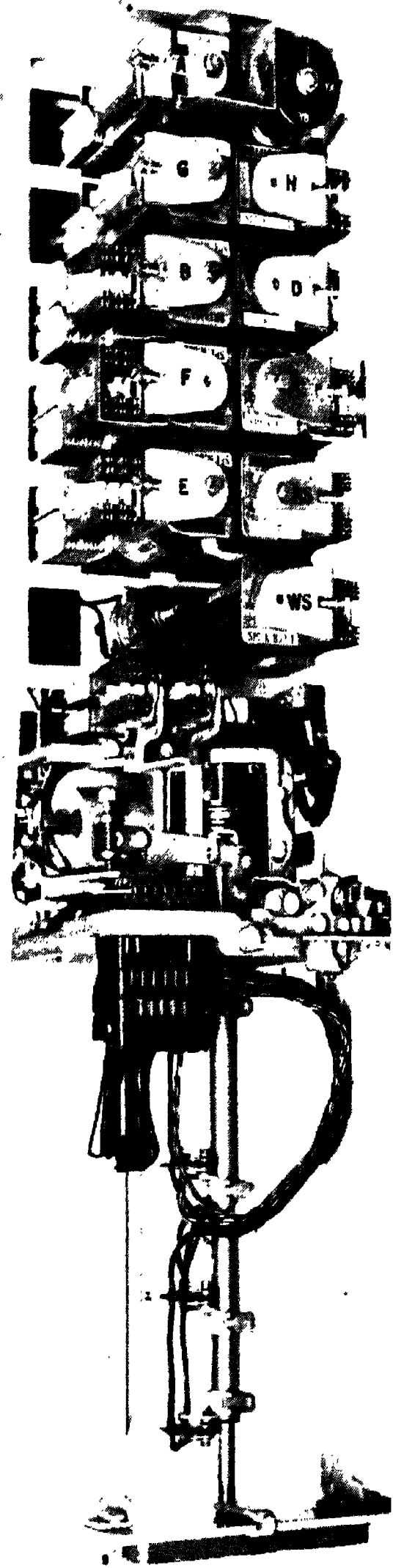
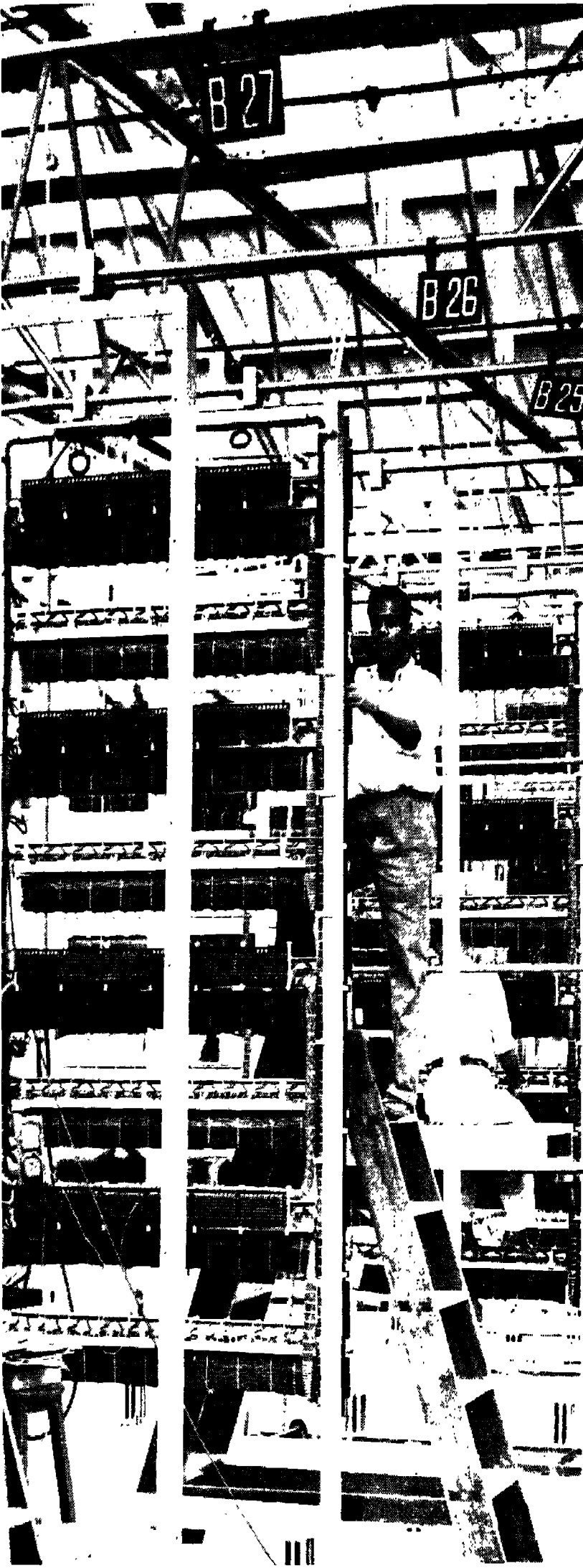
(6) गुग्लेलमो मार्कोनी सन् 1896 में लंदन में आगमन के समय अपने प्रथम बेतार उपकरण के साथ

(7) शृंगनुमा एंटेना जो सूक्ष्म तरंग संकेतों के बहुपथ संप्रेषणार्थ प्रयोग हुआ

(8) सूक्ष्म तरंग उपस्कर (आई.टी.आई.) जो 1,800 टेलीफोन चैनलों को संचालित करता है

(9) अंतर्राष्ट्रीय टेलेक्स संदेश भारत में उपग्रह के माध्यम से आगे संप्रेषित किये जाते हैं

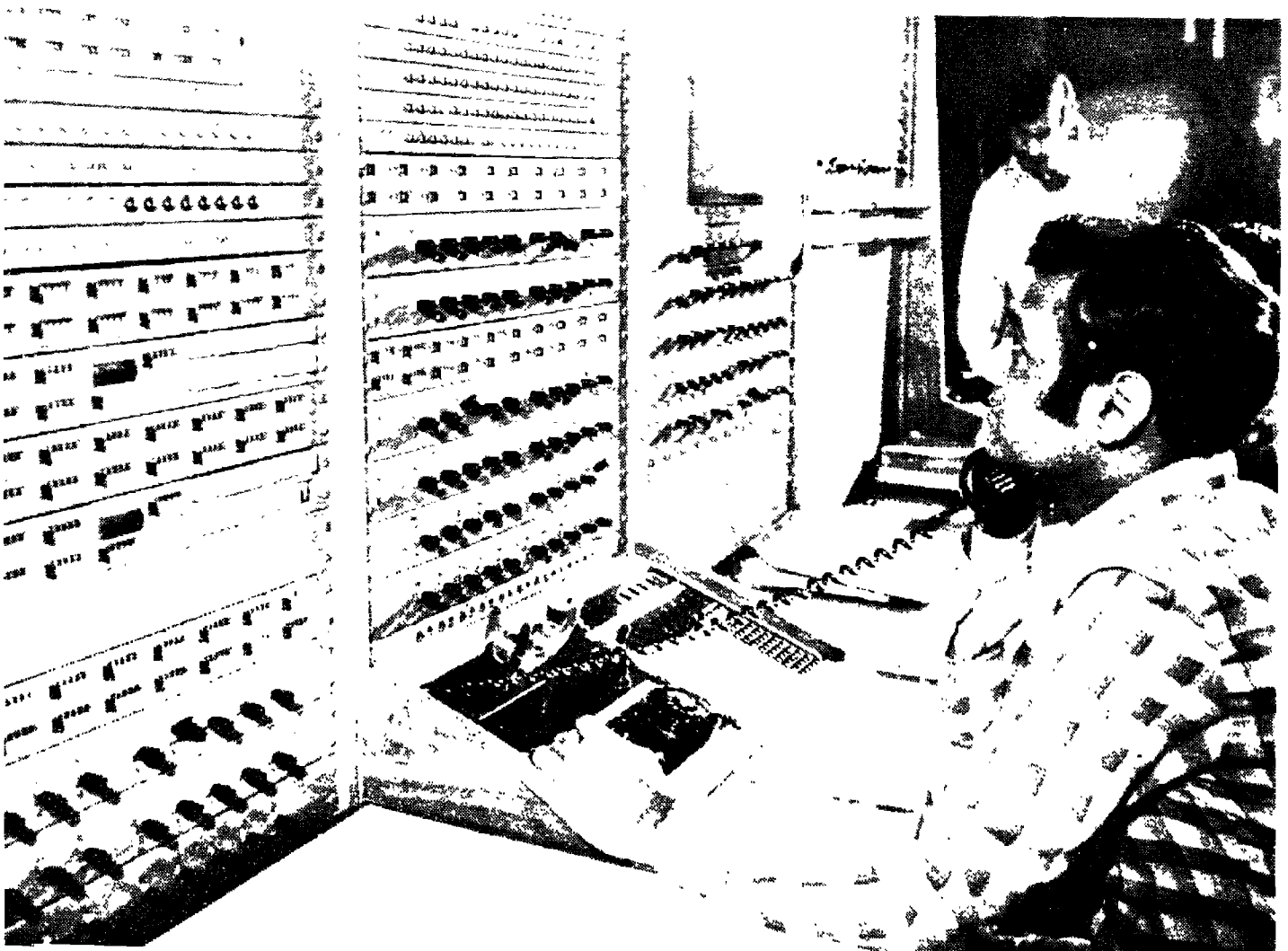
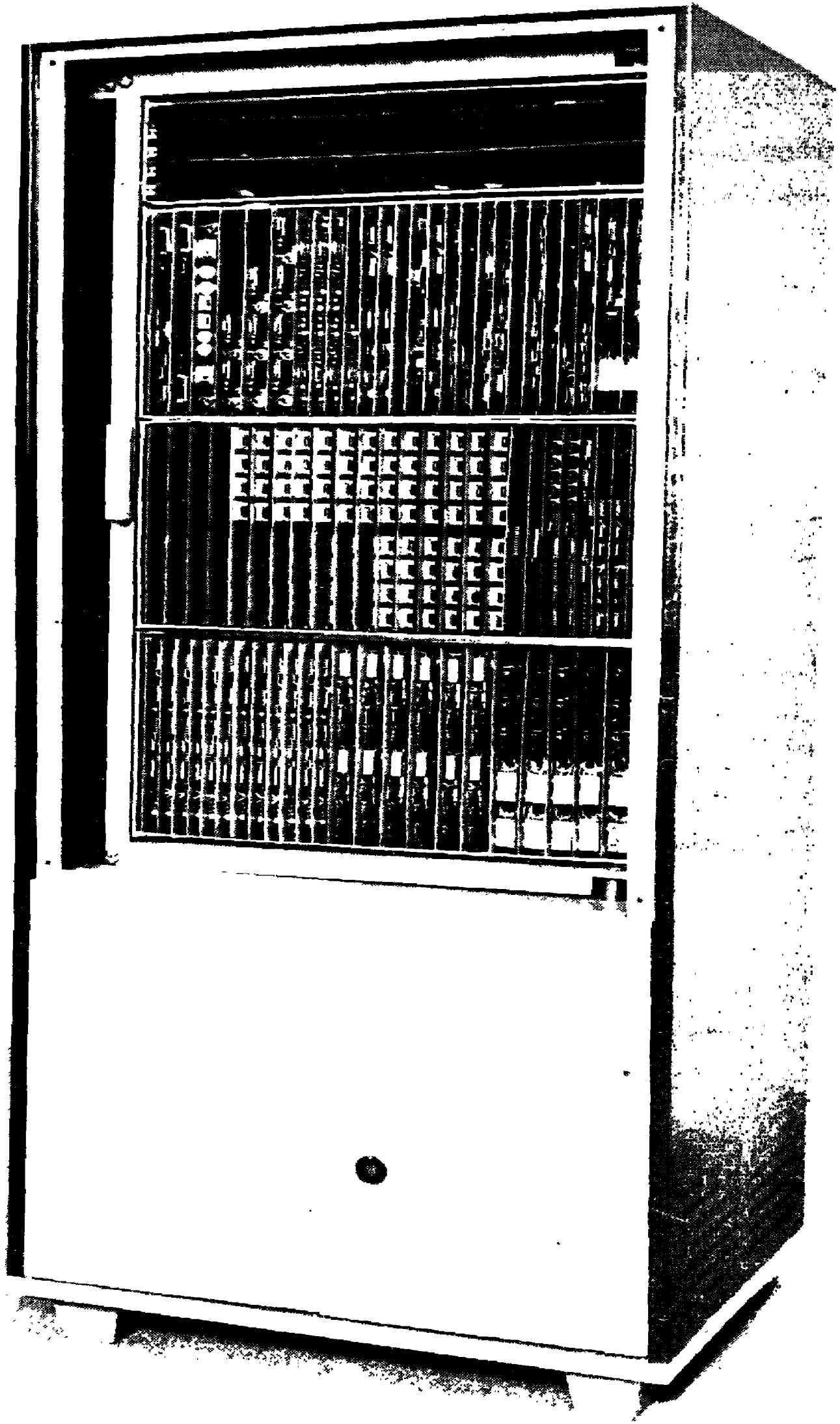
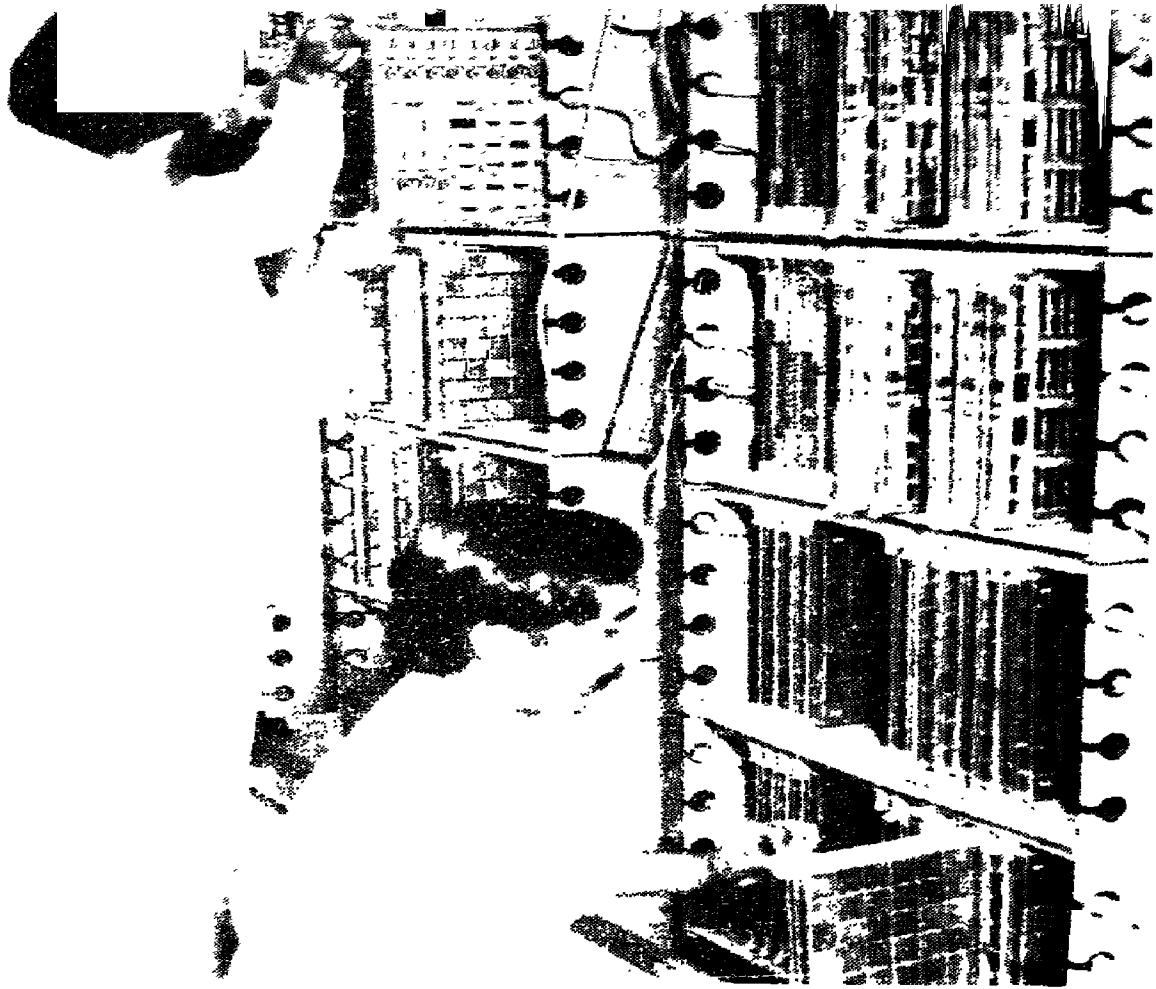
(10) टोकियो या फिर पेरिस इस महिला की उंगलियों पर है। अंतर्राष्ट्रीय मार्गों पर प्रचालक अदलित सेवाएं, उपभोक्ता अयलन के आगे समर्पण कर रही हैं।

(11) इंटॅलसेट-V एक कलाकार की दृष्टि में

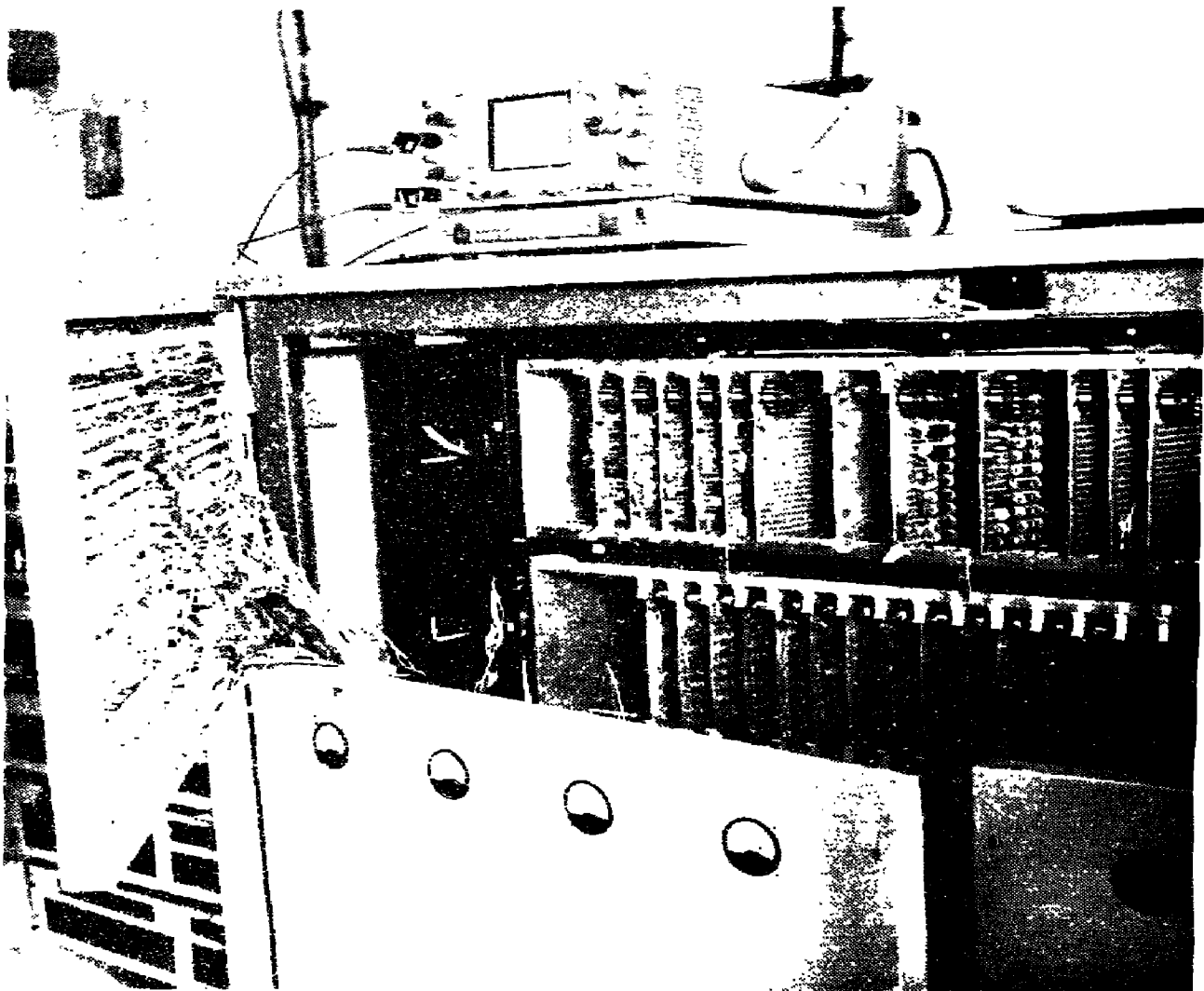
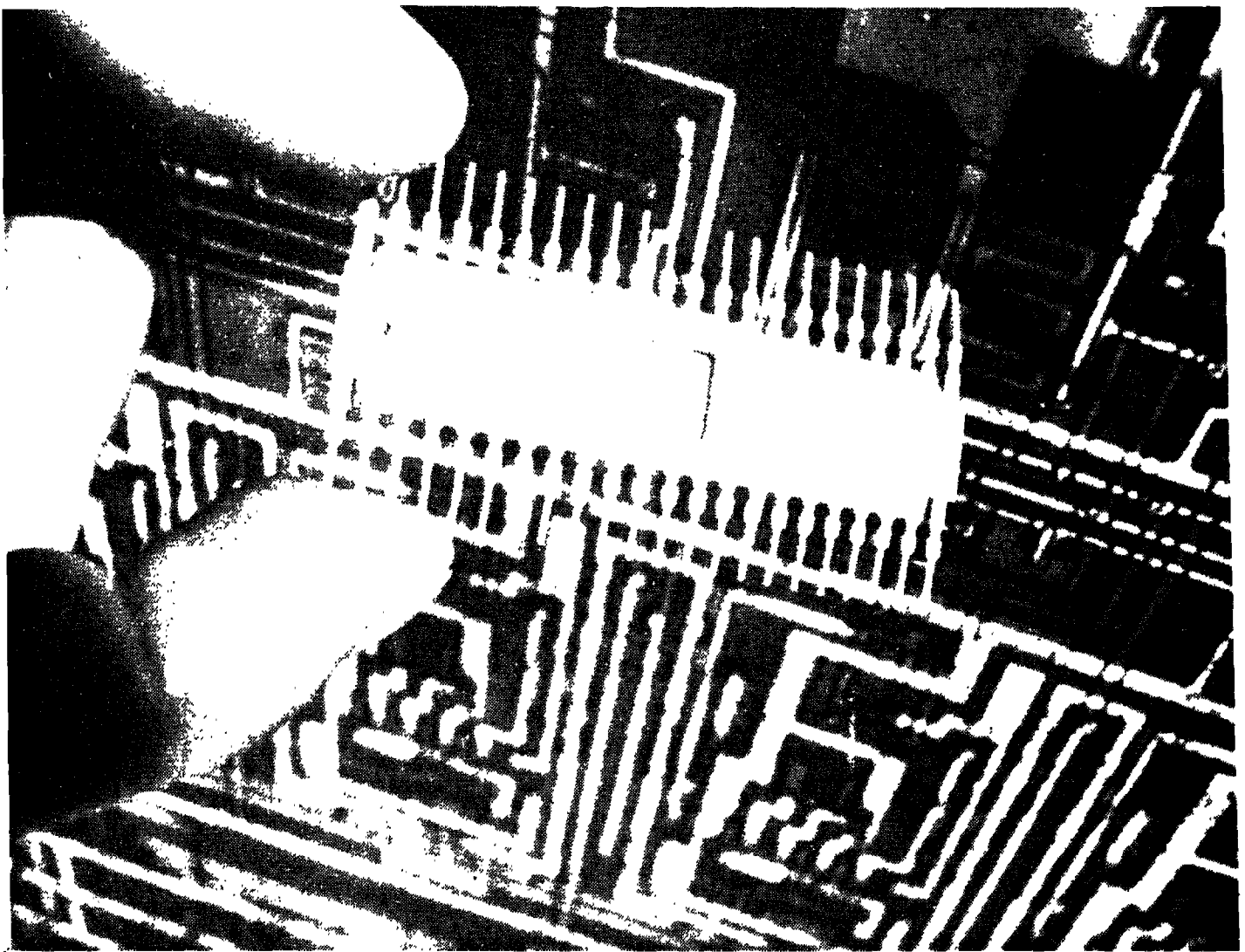
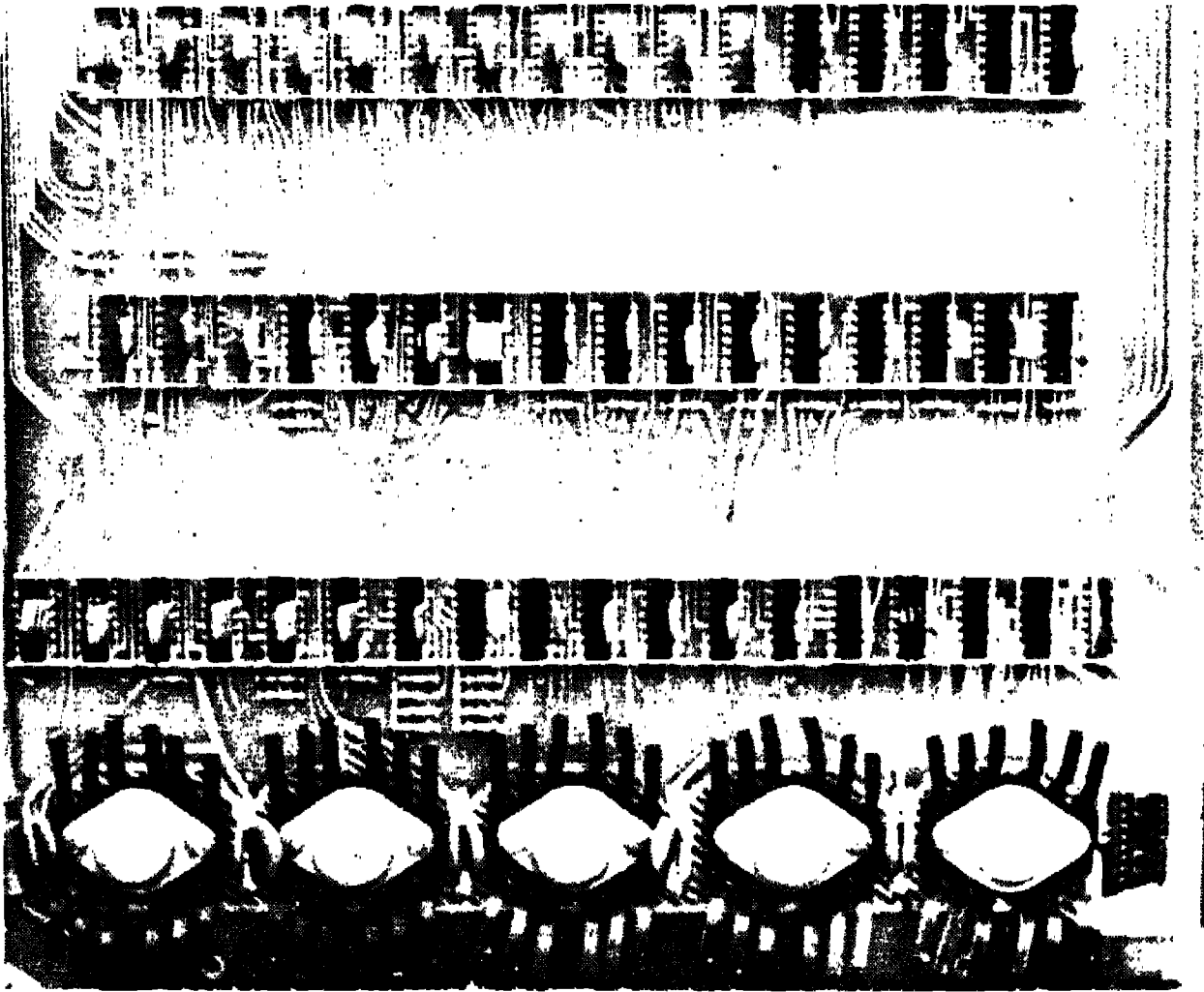
(12) देहरादून भू-स्टेशन पर स्थित एंटेना। यह न केवल उपग्रह का बल्कि लाखों किलोमीटर दूर रेडियो स्टार का पता लगा सकता है।

(13) कतिपय अनुप्रयोगों के लिए अब अपेक्षाकृत छोटे भू-स्टेशन स्थापित किये जा रहे हैं

(14) भू-स्टेशन में दूरदर्शन तक अभिगमन

(15) स्ट्रॉजर सलेक्टर (दायें) जिसमें से दस सज्जीकृत हो रहे एक्सचेंजों पर संपर्क बैंकों की आठ पंक्तियों में से प्रत्येक में प्रविष्ट होंगे।

(16) आई.टी.आई. में क्रॉसबार पैनलों का सज्जीकरण

(17) क्रॉसबार सलेक्टर की जांच करते हुए

(18) क्रॉसबार एक्सचेंज में नियंत्रण कंट्रोल

(19) इलेक्ट्रॉनिक निजी स्वचालित शाखा एक्सचेंज (पी.ए.बी.एक्स.)

(20) संग्रहीत कार्यक्रम नियंत्रण इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज में स्विचन नेटवर्क

(21) केंद्रीय संसाधक की आंतरिक झलक; यह कॉलों को लगाने की जुगत लगाता और स्वतः उनकी जांच का कार्य करता है

मुद्रित कार्ड के रूप में स्मृति की आकृति की घटक वाला पृष्ठ

(23) यहां संघटित परिपथ का विवर्धित चित्र है एक सूक्ष्म इलेक्ट्रॉनिक युक्ति जो भविष्य के टेलीफोन एक्सचेंजों का एक अंश निर्मित करेगी।

11

ध्वनि और प्रकाश का प्रदर्शन

संप्रेषण का अधुनातन तरीका प्रकाशीय तंतुओं द्वारा प्रदान किया गया है। सन् 1966 में दो ब्रिटिश वैज्ञानिकों के. सी. काव और जी. ए. हॉखम ने सुझाव दिया कि यदि शुद्ध कांच से, पतले तंतुओं को बनाया जा सके तो प्रकाश द्वारा वहन की गयी सूचना लंबी दूरी पर भेजी जा सकती है। ग्यारह वर्ष के भीतर पहला तंतुक प्रकाशिक संपर्क यू. के. में प्रचालित हो गया जिसने 2,000 टेलीफोन परिपथ वहन किये। जिस प्रकार विद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम की उच्चतर आवृत्ति बैंड में अपेक्षाकृत बड़ी बैंडविड्थ उपलब्ध है उसी प्रकार दूरसंचार में उपयोग के लिए प्रकाशीय तंतुओं की क्षमता बेहिसाब है। प्रकाश की आवृत्ति, उपयोग में आने वाली अधिकतम सूक्ष्म तरंग बैंड से एक हजार गुना अधिक है। टेलीफोन कॉल पारंपरिक ढंग से सामान्य टेलीफोन तारों के जरिए स्पंदन के रूप में भेजे जाते हैं। प्रकाशीय तंतुओं का प्रयोग करते हुए विद्युत स्पंदन प्रकाश के स्पंदन में बदल जाते हैं। संकेत प्रेषित किये जाते हैं तथा दूसरे छोर पर फिर से विद्युतीय संकेतों में बदल लिये जाते हैं।

तीन प्रकार के तंतु

प्रकाशीय तंतुओं का एक बंडल सूई के छिद्र में से आसानी से पार हो सकता है। मूलतया प्रकाशीय तंतु बीजकोश और आवरण युक्त अत्यंत बढ़िया कांच की नलिका होता है जिससे दृश्य और अवरक्त विकिरण दोनों ही संप्रेषित किये जा सकते हैं। कुल आंतरिक प्रतिबिंब विकिरण को नलिका के भीतर ही रखता है। मूलतया इसमें दो प्रकार के तंतुओं का प्रयोग होता है-मल्टीमोड और मोनोमोड (या सिंगल मोड) मल्टीमोड तंतु अपेक्षाकृत बड़े व्यास (50 माइक्रोमीटर) का होता है और उसका बीजकोश तथा आवरण के घनत्व भिन्न होते हैं। प्रकाश की किरणें जो तंतु द्वारा समाहित नहीं की जातीं वे 250 विभिन्न पथों से होकर अपना टेढ़ा मेढ़ा रास्ता चुनती हैं और यह तंतु में उनकी प्रविष्टि के कोण पर निर्भर करता है। लंबी यात्रा करने वाली किरणें गुजरने में अधिक समय लेती हैं, उनकी अपेक्षा जो तंतु के बीजकोश के नीचे गुजरती

हैं और विकिरण के स्पंदन बाहर फैल जाते हैं। स्पंदनों के पहुंचने के बीच का समय मध्यांतर संसूचना की विभिन्न बिटों के लिए आवंटित मध्यांतर से अधिक नहीं होना चाहिए।

प्रकाशीय स्पंदनों के बिखराव को कम करने हेतु वर्गीकृत अभिसूचक तंतु उपयोग में लाया जाता है जिसमें बीजकोश और आवरण के बीच कोई नियत सीमा रेखा नहीं होती। बीजकोश में कांच अपने घनत्व में भिन्न होता है और उसका अपवर्तन सतत रूप से स्वयं से परे के क्षेत्र में अपने बीजकोश में उच्च से निम्न रूप में भिन्नता रखता है। सबसे लंबी दूरी की यात्रा करके प्रकाश अधिकतम औसतन गति से जाता है। विभिन्न किरणों के पहुंचने का समय लगभग समान होता है।

एक अन्य तंतु जो दूसरी पीढ़ी की युक्ति है, सिंगल मोड (मोनोमोड के नाम से भी) के नाम से जानी जाती है क्योंकि इसका बीजकोश इतना लघु होता है (5 माइक्रोमीटर) कि यह केवल एक रश्मि पथ या मोड़ को मार्ग देता है और प्रकाश सीधे अग्रसर होता है। इसमें ऊर्जा का ह्रास नहीं होता और संकेत दूर तक जाता है।

एक मोनोमोड तंतु केवल लेसर से सुसंगत प्रकाश मिलने पर ही उत्तम कार्य करता है जबकि मल्टीमोड तंतु प्रकाश विकीर्ण करने वाले डायोड (एल. ई. डी.) जैसे प्रकाश के विसंगत स्रोतों का उपयोग भी कर सकता है। अर्धसंचालक लेसर अथवा प्रकाश विकीर्ण करने वाले डायोड सूचना संप्रेषण के लिए अपेक्षित कई मिलियन कंपनों को संभालने के लिए काफी तीव्र प्रतिक्रिया दिखलाते हैं। एक अनूठा डायोड अन्वेषक प्रति सेकेंड संसूचना की लाखों बिटों को संभाल सकता है। इसकी संभावनाओं की कल्पना हम तब कर सकते हैं जब हम यह ध्यान करते हैं कि एक रंगीन टी.वी. संप्रेषण के लिए केवल 90,00,00,000 बिटों की आवश्यकता होती है। एक लेसर रश्मि एक साथ 1,00,000 टेलीफोन वार्ताएं या फिर 100 विभिन्न दूरदर्शन कार्यक्रम संप्रेषित कर सकती है। सॉलिड स्टेट लेसर द्वारा निष्पन्न अवरक्त इसलिए प्रयुक्त किया जाता है क्योंकि प्रयुक्त किया गया शीशा अच्छा होता है और लेसर प्रकाश तीव्रता से मोड़ा जा सकता है।

अत्यंत शुद्ध शीशा

प्रकाशीय तंतुओं के लिए शुद्ध शीशे की आवश्यकता होती है। यहां तक कि बाजार में उपलब्ध उत्तम कोटि का शीशा इस दृष्टि से उपयुक्त नहीं होता क्योंकि उसमें हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के परमाणुओं के रूप में मिलावट होती है जो प्रकाश को अवरुद्ध करती है। यहां तक कि शीशे के 10,00,00,000 भागों में से एक भाग जितनी

भी मिलावट होगी तो वह प्रकाश को सोखेगी। इसलिए इस कार्य के लिए अतिरिक्त शुद्धता वाला शीशा बनाया जाता है। यह उच्च कोटि के शुद्ध सिलिकॉन, बोरोन ऑक्साइड और सोडियम कार्बोनेट से बनाया जाता है। एक किलोमीटर तंतु निर्माण में लगभग 10 ग्राम शुद्ध शीशा लगता है। एक 8 युग्मों का साधारण कोएक्सियल केबिल व्यास में लगभग पांच सेंटीमीटर होता है। 20 से 100 तंतुओं वाले केबिल का व्यास केवल एक सेंटीमीटर होता है। शीशे के और अधिक शुद्धिकरण की कोशिशें जारी हैं। तंतु की सर्वाधिक स्पष्ट विशेषता है उसकी पारदर्शिता। 20 कि.मी. मोटी पट्टी उतना ही प्रकाश संप्रेषित करती है जितना कि एक सामान्य शीशा।

यहां तक कि एक शुद्ध शीशे वाली तंतु प्रणाली भी धीरे धीरे प्रकाश को सोखने लगेगी। प्रकाश जो कि विभिन्न सूक्ष्म क्षणों में पहुंचता है, इसके घटकों की तरंग दीर्घता में बिखर जाता है। उदाहरण के लिए एक पल के पांच खरब के हिस्से की मामूली सी कमी भी 160 कि. मी. की दूरी पर तीव्र गति की संदेश संसूचना में विकृति उत्पन्न करने के लिए पर्याप्त है। जब प्रकाश तरंग की दीर्घता 1, 300 एन.एम. होती है तो भी सिलिका तंतु न्यूनतम प्रकाश बिखरने देते हैं।

यह भी देखने में आया है कि अपेक्षाकृत दीर्घ तरंग युक्त किरणें तंतु में, आगे बढ़ते हुए बीच के संस्थापित रिपीटरों को संकेतों के आगे जाने हेतु तीव्रता प्रदान करने में सहायक होती हैं। लेसरों के डिजाइन प्रकाश को अपेक्षाकृत दीर्घ तरंग पर भेजने के लिए तैयार किया गया था। मोनोमोड संप्रेषण से प्रति 10 कि.मी. की बजाय केवल प्रति 30 कि.मी. पर रिपीटरों की जरूरत पड़ती है।

नये रिकार्ड

सन् 1982 में यू.के. में दूरसंचार ने प्रकाशीय तंतुओं को मध्य में वर्धित किये बिना 102 कि.मी. की दूरी पर संप्रेषित किया। 2,000 टेलीफोन कॉलों के बराबर, प्रकाश कंपन 140 मिलियन प्रति सेकेंड (140 मे. बिट) के हिसाब से प्रेषित की गयी। लंबी तरंग दीर्घता के प्रचालन की प्रौद्योगिकी का प्रयोग करते हुए, प्रकाशीय तंतु के जरिये उस कंपन पर वह विश्व में सबसे अधिक दूरी तक किया जाने वाला संप्रेषण था। उसी वर्ष (सन् 1982) प्रेषित कंपन में शीघ्रता से 650 मे. बिट सेकेंड तक वृद्धि हुई लेकिन परीक्षण में 31 कि.मी. की छोटी दूरी में ही लंदन और बर्मिंघम के बीच 204 कि.मि. का विश्व का, दीर्घतम प्रकाशीय तंतु लाइन संस्थापित करते हुए, एक अन्य रिकार्ड कायम किया गया। ब्रिटिश दूरसंचार ने मोनोमोड फाइबर प्रौद्योगिकी को विकसित करके संस्थापित कर दिया था और वह यू.के. में सर्वाधिक व्यापक प्रकाशीय तंतु नेटवर्क को लागू कर रहा है। स्थानीय एक्सचेंजों को परस्पर जोड़ते हुए जंक्शन

नेटवर्क में प्रकाशीय तंतु की शुरुआत ध्यान देने लायक एक अन्य विशेषता है। ये 'प्रकाशीय रेखाएं' अपने समकक्ष तांबे के तारों की तुलना में उनके द्वारा वहन किये जाने वाली कॉलों की चार गुना कॉल वहन कर सकती हैं। ग्रेडेड-इंडेक्स फाइबर में प्रकाशीय संप्रेषण 1,300 ने.मी. पर किया जाता है।

प्रकाशीय तंतु अन्य देशों में भी प्रयुक्त हो रहे हैं। संयुक्त राज्य अमरीका में इस नयी प्रौद्योगिकी का प्रथम वाणिज्यिक अनुप्रयोग का प्रयास सन् 1977 में शिकागो में किया गया। यह परीक्षण 2-6 कि.मी. के केबिल पर किया गया जिसमें 7,000 फोन कॉलों को संभालने के लिए 24 तंतु थे। आज प्रकाशीय तंतुओं का उपयोग न केवल उच्च घनत्व वाले महानगरीय क्षेत्रों में बल्कि कार्यालयों और खेलों के क्षेत्रों में भी हो रहा है। सन् 1984 में वाणिज्यिक प्रकाश तरंग प्रणाली घोषित की गयी जिसकी उच्चतम बिट दर 1.7 गि. बिट प्रति सेकेंड एक अरब थी। सन् 1985 में बैल प्रयोगशाला में यह रहस्योद्‌घाटन किया कि उन्होंने ऐसी प्रकाशीय तंतु प्रणाली विकसित कर ली थी जो 1,128 कि.मी. के मार्ग पर 2 अरब बिट (2 गि. बिट प्रति सेकेंड) संप्रेषित कर सकती है।

जापान ने सन् 1983 में लंबी दूरी वाली लाइनों पर प्रकाशीय तंतु प्रणाली शुरू कर दी थी (5,760 टेलीफोन चैनलों की क्षमता युक्त 400 मे. बिट प्रति सेकेंड की दर से प्रचालन करके) सन् 1985 में, इसी क्षमता के केबिलों से 3,400 कि.मी. (दो समुद्री खंडों सहित) लंबाई वाले मार्ग द्वारा जापान के एक बहुत बड़े भाग को संयोजित किया गया। इसके अतिरिक्त, उपभोक्ता लूप क्षेत्र में, वीडियो संप्रेषण और तीव्रगति की डिजिटल पट्‌टा-युक्त परिपथ सेवा के लिए प्रकाशीय केबिलों की शुरुआत की गयी। इस संदर्भ में अगले लक्ष्य हैं, लांग-हॉल संप्रेषण और उपभोक्ता लूपों में बहुद्धेशीय अनुप्रयोग के लिए 1.6 गि. बिट प्रणाली का विकास करना।

भारत में प्रथम प्रकाशीय तंतु प्रणाली (140 मे. बिट प्रति सेकेंड) अहमदाबाद और बड़ौदा के बीच स्थापित की गयी है और अधिक संपर्क स्थापित करने की कार्यवाही चल रही है।

अनेक लाभ

किसी समय में विज्ञान की कथा के रूप में बयान किये जाने वाले प्रकाशीय तंतु आज एक व्यावसायिक तथ्य बन गये हैं। विद्युत संकेतों से व्यावहारिक तौर पर जितना लाभ संभव समझा जाता था इनके लाभ, उससे कहीं अधिक हैं। वार्ता और संकेतों को वहन करने की क्षमता वास्तव में असीम है। सैद्धांतिक रूप से प्रकाश की एक तरंग दीर्घता, तांबे के कोएक्सियल केबिल की क्षमता से 30 गुना अधिक परियात वहन

कर सकती है। प्रकाशीय तंतु निश्चित रूप से तांबे का स्थान ले लेगा। एक विशिष्ट प्रकार का आधे इंच का 144 तंतुओं वाला प्रकाशीय केबिल 40,000 से अधिक द्विपक्षीय स्वर चैनलों को मदद दे सकता है। प्रकाशीय तंतु तीव्र गति के डिजिटल नेटवर्क, जो कि अनेक देशों में स्थापित किये जा रहे हैं, के लिए आधार हैं। संप्रेक्षण की गुणवत्ता में सुधार लाने के अतिरिक्त प्रकाशीय तंतु, वीडियो सभाओं और कंप्यूटर संपर्कों जैसी उन्नत किस्म की सेवाओं को चालू करने में सुविधा प्रदान करेंगे। तंतु प्रौद्योगिकी न केवल भारी परियात के लिए बल्कि उपनगरीय परियात के लिए भी आदर्श है और तो और, स्थानीय नेटवर्क भी इसका लाभ ले ही सकते हैं। जंक्शन केबिल भी शहरों में, अंतःएक्सचेंज परियात की मात्रा और गुणवत्ता में वृद्धि कर सकते हैं।

इस नयी प्रौद्योगिकी के और भी लाभ हैं। प्रकाशीय तंतु वार्तालाप में दूसरी बातचीत का स्वर मिलने अथवा समीप की पावर या रेलवे लाइनों से होने वाले शोरगुल, बाधा आदि के कारण उत्पन्न विद्युतीय व्याघात के प्रतिकूल प्रभाव से मुक्त होते हैं। इसकी वजह से रिपीटरों की संख्या घटने के फलस्वरूप काफी आर्थिक बचत होगी। एक पारंपरिक कोएक्सियल केबिल में प्रति दो कि.मी. की दूरी पर रिपीटरों की आवश्यकता होती है लेकिन जापान में, प्रकाशीय तंतु एक ट्रंकलाइन पर प्रति 40 कि.मि. की दूरी पर रिपीटर स्थापित है। प्रकाशीय तंतु से तांबे के केबिल की तुलना में व्यय की प्रवृत्ति कम होने की दिशा दिखायी पड़ती है। इसके अतिरिक्त प्रकाशीय तंतु प्रणाली में रिपीटरों को मेनहोल के जरिए भूमिगत स्थापित करने की आवश्यकता नहीं होती। ये मार्ग पर पड़ने वाली किसी इमारत पर भी स्थापित किये जा सकते हैं। इससे, एक लाभ यह भी है कि रिपीटर की 'स्पेसिंग' बिटों की दर पर निर्भर नहीं होती अतः उसका डिजाइन तैयार करना सरल होता है।

प्रकाशीय तंतु प्रणाली की एक अन्य आकर्षक विशेषता 'तरंग दीर्घता–विभाजन मल्टीप्लेक्सन', कहलाती है। विभिन्न तरंग दीर्धताएं एक ही तंतु के जरिए प्रेषित की जा सकती हैं। यह संभव है कि एनालॉग प्रणाली के लिए एक तंतु प्रयोग किया जाये और दूसरा तंतु डिजिटल प्रणाली के लिए। इस क्षमता को बिना दूसरा तंतु प्रयोग किये भी गुणित किया जा सकता है।

सन् 1989 में एक प्रयोगात्मक संप्रेषण द्वारा ब्रिटिश दूरसंचार ने एक साथ उसी प्रकाशीय तंतु के साथ विभिन्न आवृत्तियों पर प्रकाश भेजा और संकेतों के वर्धन के लिए बिना रीजनेरेटरों के 94 कि.मी. मार्ग पर प्रणाली की क्षमता 1920 टेलीफोन चैनलों से बढ़ाकर तेरह गुनी यानी 24,960 चैनलों की कर दी। चार लेसर अलग अलग आवृत्तियों पर प्रयुक्त किये गये, एक को 140 मे. बिट प्रति सेकेंड पर मॉड्युलित किया गया और अन्य तीन को 565 मे. बिटों पर। चारों के चारों निर्गत एक ही तंतु

पर मल्टीप्लेक्सित किये गये और प्राप्ति वाले छोर पर पृथक कर दिये गये।

प्रकाशीय प्रणाली को और अधिक सुधारने के प्रयास चल रहे हैं। जापानी वैज्ञानिक शीशे की अशुद्धता को एक अरबवें हिस्से तक घटाने के प्रयास कर रहे हैं। एक नये प्रकार का फाइबर ऑप्टिक्स तैयार करने की दिशा में भी कार्य हो रहा है जिसमें जरमेनियम योज्य रहता है जिससे यह हल्के संकेतों को बिना रिपीटरों के 300 कि. मी. तक ले जा सकेगा। एक अन्य अनुसंधान अपेक्षाकृत अच्छे लेसरों के क्षेत्र में हो रहा है जो इस क्षेत्र में लंबी दूरी के संप्रेषण के लिए आदर्श समझी जाने वाली 1.5 माइक्रोमीटर की तरंग दीर्घता में अवरक्त प्रकाश को प्रेषित करेगी।

जापानी इंजीनियर एक नवीन कल्पना की जांच कर रहे हैं। वर्तमान में, रिले संकेतों को पुनः प्रकाश के रूप में भेजने में पूर्व प्रकाश को विद्युतीय संकेतों में परिवर्तित कर देती हैं जो ऐसी प्रक्रिया है जिसे आदर्श नहीं समझा जाता। विशेषज्ञ एक ऐसा अर्धचालक बनाने का प्रयास कर रहे हैं जो विद्युतीय परावर्तन के बिना ही सीधे प्रकाशीय संकेतों को वर्धित करेगा। इससे प्रश्न उठता है ऑप्टो-इलेक्ट्रॉनिक चिप को विकसित करने का जो प्रकाश संकेतों को उसी प्रकार संसाधित कर सकता है जिस प्रकार संघटित परिपथ चिप कंप्यूटर में इलेक्ट्रॉनिक संकेतों को संभालती है। ऐसी चीजों की खोज जारी है जो विद्युत और प्रकाश दोनों को साध सकती हैं। वैज्ञानिक ऐसे तंतु की खोज कर सकते अथवा उसे बना सकते हैं जो इतना कम प्रकाश सोखे कि वह बिना रिपीटरों के कार्य कर सके।

नयी सामग्री की खोज जारी है। खोज की एक दिशा तो यह है कि ऐसी नयी चीज सिलिका का स्थान ले सके जो प्रकाश का दूर तक अवरक्त स्पेक्ट्रम में प्रयोग कर सके (तरंग दीर्घता में 2 माइक्रोमीटर से अधिक)। जिरकोनियम, बेरियम और फ्लोरीन एवं क्लोरीन युक्त एल्युमीनियम का परीक्षण हो रहा है, यह देखने के लिए कि प्रकाश के लिए ये सिलिका से अधिक पारदर्शी हो सकते हैं अथवा नहीं।

भाग–3

रिवचन

12

क्रमिक रूप से

एक ही स्थान में दो टेलीफोनों के बीच एक सामान्य संपर्क से महाद्वीपों तक लाखों उपभोक्ताओं के लिए उपलब्ध संपर्कों के विस्तार तक टेलीफोन स्विचन की कला–टेलीफोन लाइनों के बीच संयोजन करने की प्रक्रिया–विकसित हो गयी है। आरंभिक दिनों में टेलीफोन का प्रयोग, बिना स्विचन के प्वाइंट से प्वाइंट अथवा प्वाइंट से मल्टी प्वाइंट संयोजन करने के लिए होता था। कनेक्शनों की मांगों की प्रकृति के परिणामस्वरूप टेलीफोन एक्सचेंज के द्वारा संपर्क स्थापित करने के लिए अनेक उपलब्ध पथों में से एक को चुनने का विचार उपजा। ऐसी स्थिति में जबकि एक ही समय में विभिन्न व्यक्तियों के विभिन्न नंबरों पर बात करने की संभावना रहती है, प्रत्येक उपभोक्ता से प्रत्येक उपभोक्ता के लिए सीधे संपर्क प्रदान करना मितव्ययतापूर्ण नहीं पाया गया (चित्र–28)।

प्रथम एक्सचेंज

बैल के सुपरिचित आविष्कार के कुछ ही समय बाद संयुक्त राज्य अमरीका में छोटे एक्सचेंज स्थापित करने के प्रयास किये गये। प्रथम व्यावसायिक टेलीफोन एक्सचेंज 8 लाइनों की सहायता से 21 उपभोक्ताओं को सेवा प्रदान करने हेतु 28 जनवरी, 1878 को न्यू हेवन कनेक्टिकट में खोला गया था।

एक ही दशक में, संयुक्त राज्य में एक्सचेंजों की संख्या 800 और उपभोक्ताओं की संख्या 1,40,000 हो गयी। तब अनेक स्विच बोर्डों की आवश्यकता थी और अधिकांश कॉलों के लगाने के काम में केवल दो ऑपरेटर लगे थे।

सन् 1879 में उपभोक्ताओं को नाम की बजाय नंबरों से बुलाया जाने लगा। इसका प्रारंभ लोवेल, मेसेचुसेट्स में हुआ। इसकी शुरुआत के पीछे खसरा जैसा छूत का रोग प्रतीत होता है, जब उपभोक्ताओं के नाम से जाने वाले चारों ऑपरेटर एक साथ बीमार पड़ गये, तब एक स्थानीय चिकित्सक ने यह तरीका सुझाया।

उस वर्ष लंदन में पहला टेलीफोन एक्सचेंज खोला गया था। सन् 1880 में,

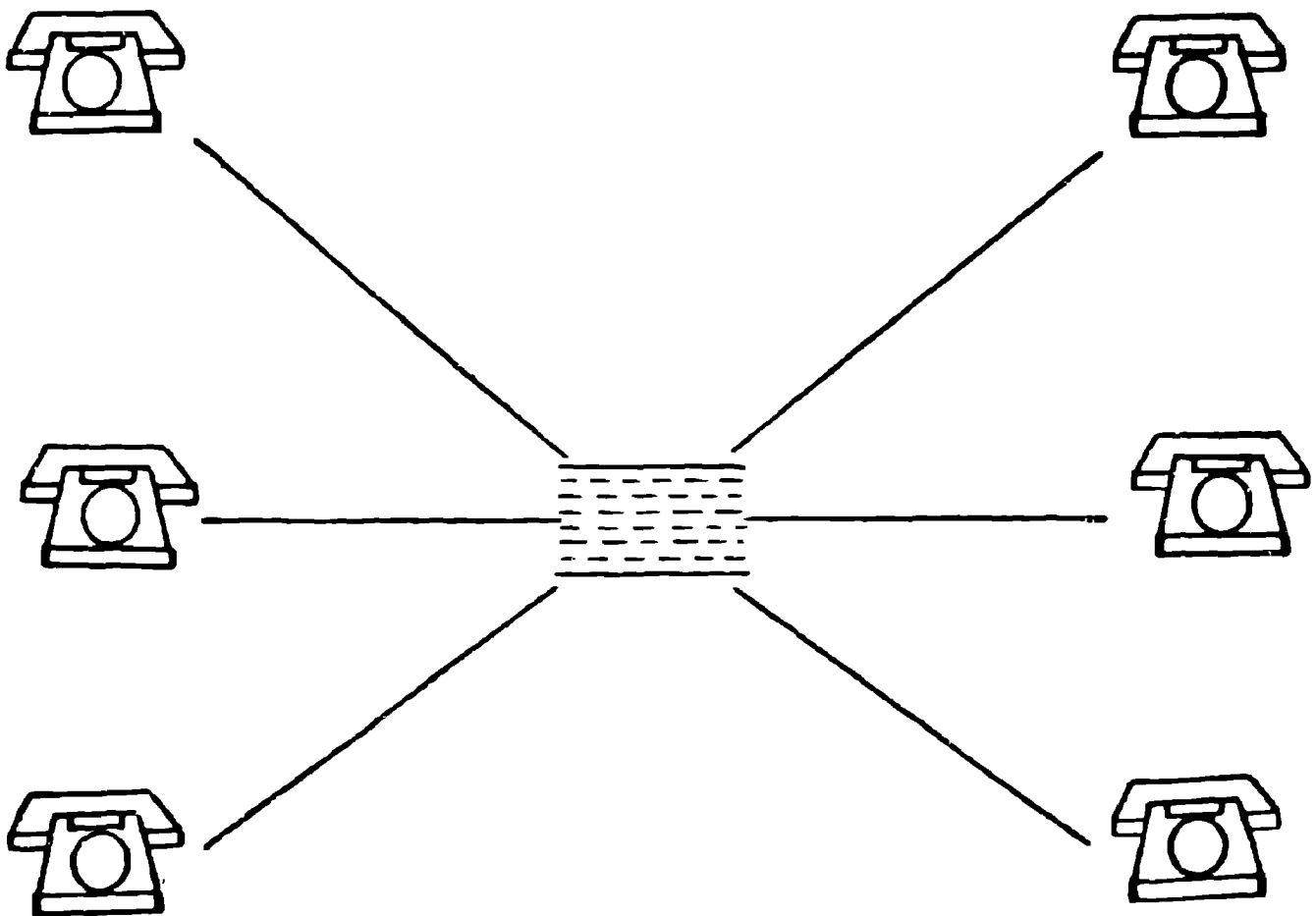
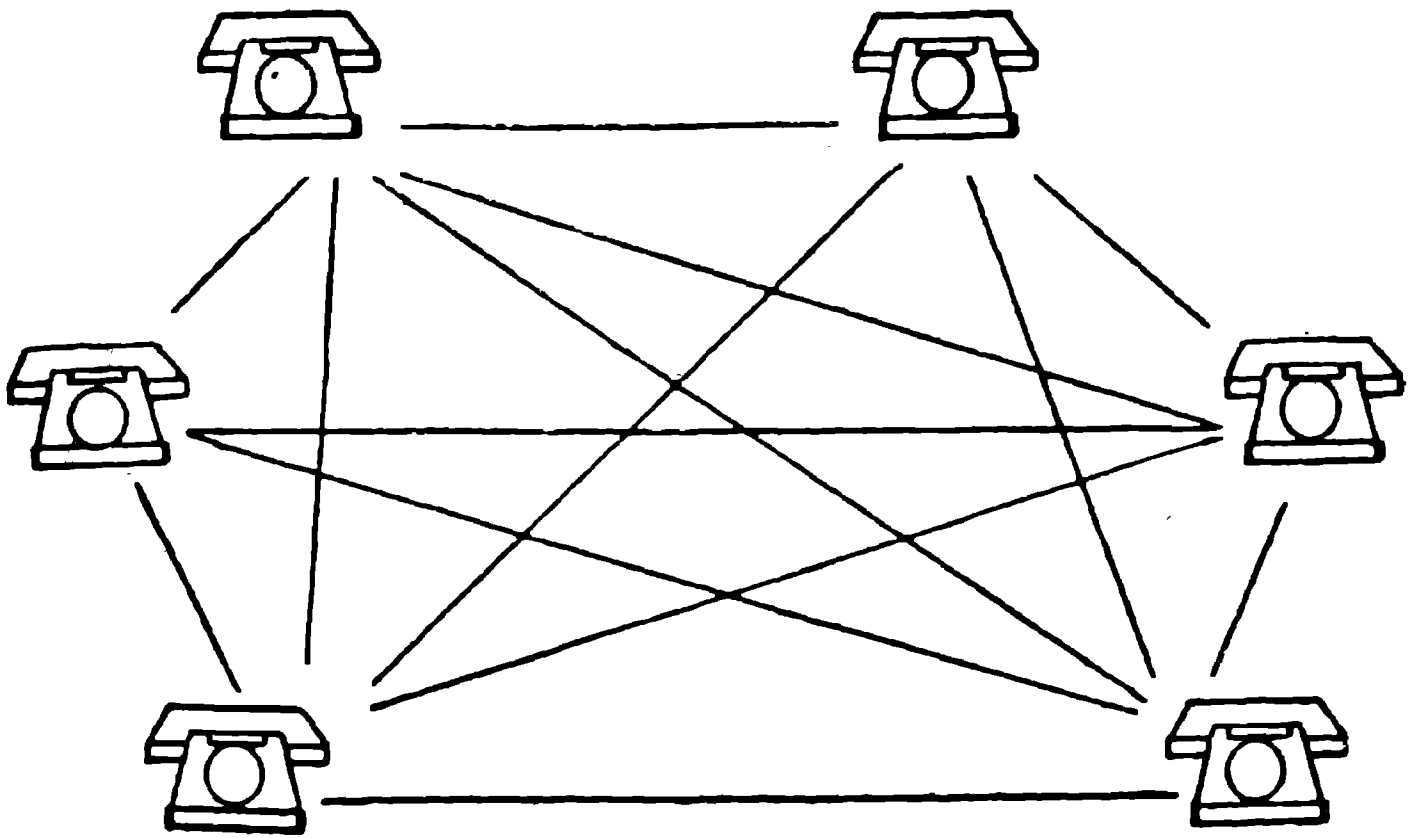
एक्सचेंज में व्यक्तिगत टेलीफोन की बजाय एक बैटरी से पहली बार संकेतन करेंट प्रारंभ किया गया था। यह कार्य बोस्टन में एक अमरीकी विद्युत अभियंता, जे.जे. कार्टी (सन् 1861-1932) द्वारा किया गया। संभाषण और संकेतन, दोनों के लिए एक उभय बैटरी के प्रयोग का प्रारंभ सन् 1893 में वाणिज्यिक सेवा के लिए हुआ। रिलों की वजह से सिगनल ऑपरेटरों के लिए कॉल शुरू होने और समाप्त होने से पहले कॉल करने की आवश्यकता नहीं रह गयी।

जल्दी ही स्विच पटल का आविर्भाव हुआ जिससे ऑपरेटरों की पहुंच सभी नंबरों तक हो गयी। स्विच पटल के आकार में वृद्धि हो गयी।

कन्सास नगर के एक व्यापारी ने देखा कि उसके व्यावसायिक कॉल उसके प्रतिद्वंद्वी की ओर भेजे जा रहे हैं। शुक्र है कि उस चतुर उद्यमी ऑपरेटर एल्मांड बी स्ट्रॉजर (सन् 1839-1902) का जिसने 'मैनुअल एक्सचेंज' को स्वचालित एक्सचेंज में बदलने का चुनौतीपूर्ण कार्य हाथ में लिया। 5 वर्ष के कठिन परिश्रम के पश्चात सन् 1889 में उसे सफलता मिली। सन् 1891 तक एक स्वचालित स्विच विकसित किया गया और एक एक करके उसके पुर्जों की गति ने आवश्यक विद्युतीय संपर्क स्थापित किया। अपने आविष्कर्ता के नाम से संबोधित होने वाला प्रथम स्ट्रॉजर एक्सचेंज ला पोर्ट, इंडियाना में सन् 1892 में संस्थापित हुआ था। विद्युत यांत्रिकीय स्विच से गोपनीयता के साथ-साथ तीव्र और विश्वसनीय सेवा सुनिश्चित हो गयी।

एक अन्य विकास सन् 1896 में हुआ था! जब रॉटेरी डायल विकसित हुआ। प्रथम व्यावसायिक स्वचालित एक्सचेंज ने सन् 1897 तक काम करना शुरू कर दिया था। मैनुअल से डायलित पद्धतियों में परिवर्तन सन् 1920 और 1930 के दशक के दौरान आया और सन् 1940 तक अधिकांश बड़े शहरों में स्वचालित एक्सचेंज खुल गये थे। सन् 1933 में कोई भी पोजीशन और ट्रंक कनेक्शनों के लिए प्रयोग होने वाले परिपथ को अनुमति प्रदान करने के लिए एक नया स्विच पटल लागू किया गया था।

सन् 1911 में शहरों के बीच अर्ध स्वचालित सेवा शुरू की गयी थी, जब लॉस एंजिल्स और सैन डियागो, कैलिफोर्निया को जोड़ा गया था। अतंर्महाद्वीपीय डायलन की शुरूआत सन् 1963 में प्रारंभ हुई । संयुक्त राज्य अमरीका में प्राइवेट टेलीफोन कंपनियों के बीच स्पर्द्धा से इस सेवा का विकास हुआ। इंग्लैंड में डाकघर ने इस प्रकार का एक न्यायालय आदेश प्राप्त करके टेलीफोन पर अपना आधिपत्य जमा लिया कि सन् 1868 के तार अधिनियम के आशय के तहत वह तार ही है।

स्वचालित नेटवर्क की आवश्यकताओं के लिए नये डिजाइनों की आवश्यकता पड़ी। स्थानीय उपभोक्ताओं के नंबर स्वचालित रूप से डायल होने चाहिए (चित्र–29)।

चित्र-28 यदि छह टेलीफोनों में से प्रत्येक को प्रत्येक टेलीफोन से संयोजित करना हो तो इसके लिए कम से कम पंद्रह लाइनों की जरूरत होगी। ऐसा टेलीफोन एक्सचेंज जो आवश्यकता पड़ने पर कॉलों का स्विचन कर सके उसे प्रत्येक टेलीफोन के लिए केवल छह सीधी लाइनों की आवश्यकता होगी।

सरल संख्यांकन योजनाओं, उपभोक्ता के डायल से डिकेडिक स्पंदन, मीटरिंग के लिए प्रबंध तथा परिपथों और उपभोक्ता लाइनों की सीमाओं में वृद्धि करके केबिल संयंत्र की लागत को घटाने की आवश्यकता महसूस हुई।

इन आवश्यकताओं से, स्ट्रॉजर प्रणाली से शुरू होने वाली स्विचिंग प्रणाली की पहली पीढ़ी का विकास हुआ। स्ट्रॉजर की बजाय स्ट्रॉगर (अधिक शक्तिशाली) नाम से प्रायः गलत समझी जाने वाली यह प्रणाली और अधिक समर्थ होती जा रही है। यह प्रणाली आज भी अनेक देशों में बूढ़े लद्दू घोड़े की तरह प्रयोग हो रही है। बड़े और छोटे स्थानीय एक्सचेंजों के लिए यह अत्यंत विश्वसनीय है और इसमें मितव्ययतापूर्ण ढंग से विस्तार की गुंजाइश है। अधिक भार से बेअसर यह प्रणाली रख-रखाव और प्रचालन की दृष्टि से भी सरल है।

तथापि, इसकी अंतर्निहित कमियां जल्दी ही देखने में आ गयीं। विद्युत यांत्रिकीय युक्ति होने के कारण, प्रचालन के लिए यह पद्धति घर्षण पर निर्भर है और घर्षण का मतलब है अधिक टूट फूट। स्विचों का अधिक शोर तथा वाइपरों और कार्डों के बार-बार प्रयोग के कारण असंयोजन अथवा दोहरे संयोजन की आशंका रहती है। इस प्रणाली की स्वयं अपनी कुछ सीमायें भी हैं।

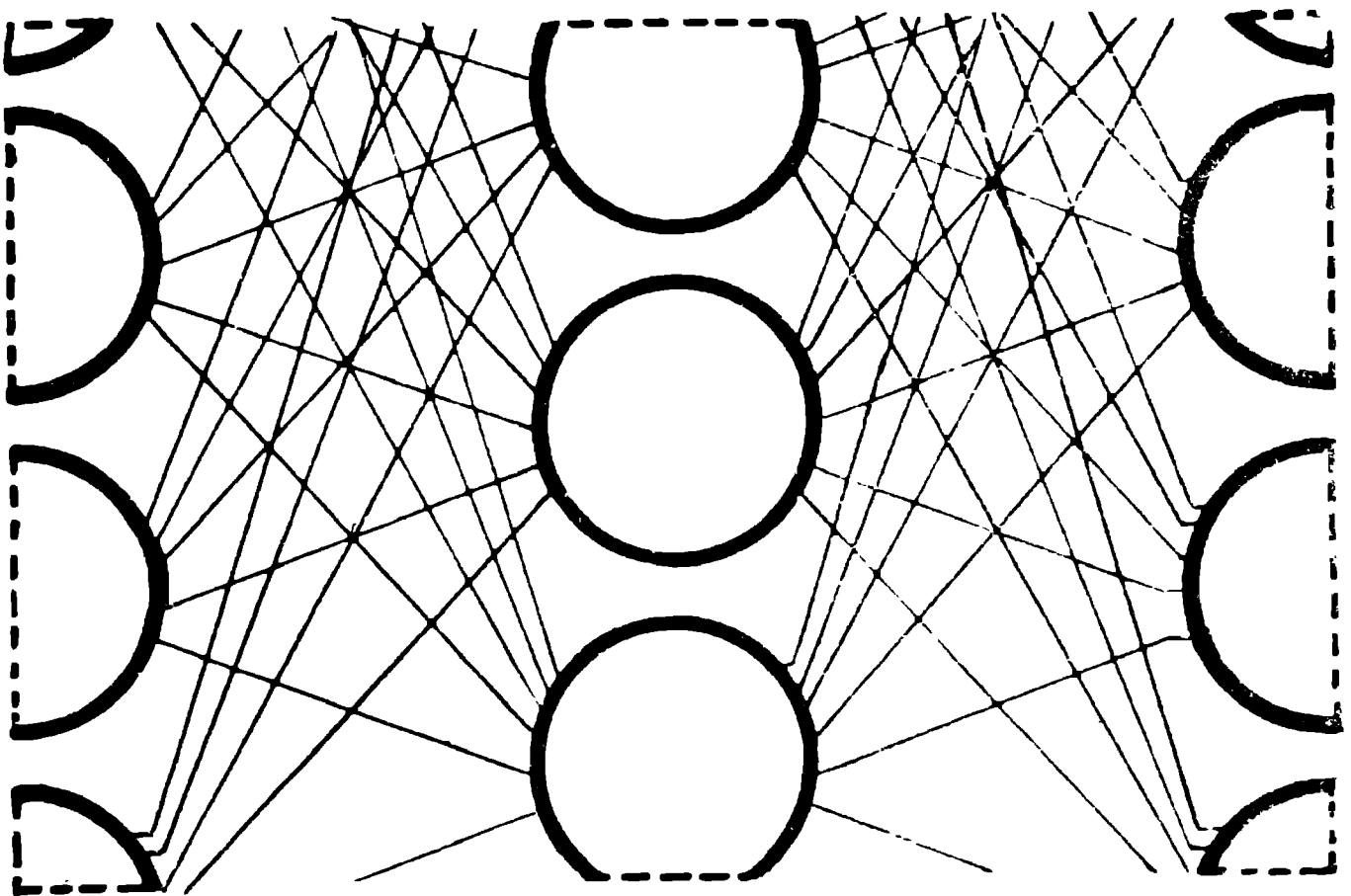
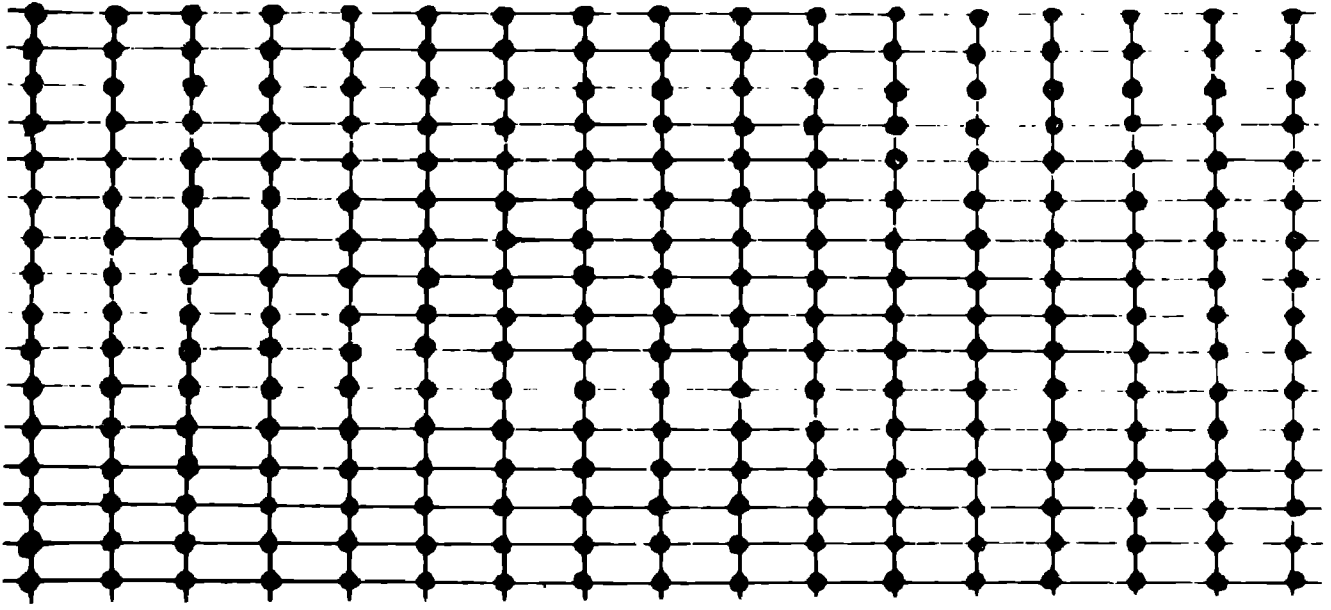
स्ट्रॉजर एक्सचेंज में द्विगति सिलेक्टरों (उर्ध्वाधर और चक्रीय) की कई अवस्थायें होतीं हैं जिनमें से प्रत्येक के लिए अपना अलग नियंत्रण उपस्कर अंकों के अभिग्रहण और पथ का चयन करने के लिए होता है। एक्सचेंज का नियंत्रण उसके बहुसंख्यक सिलेक्टरों में विकेंद्रित हो जाता है। प्रत्येक अंक के लिए एक स्विचन अवस्था की आवश्यकता होती है। किसी 6 अंकीय एक्सचेंज में चयन की पांच अवस्थाएं होती हैं, अंतिम अवस्था के लिए 2 अंक रहते हैं।

मान लीजिये कि आप 385748 डायल करते हैं तो पहला अंक "तीन" स्पंद प्रेषित करेगा। इससे पहला सिलेक्टर तीन स्टेप आगे बढ़ेगा और अगली अवस्था में आठ तक बढ़ेगा। यह क्रम पांचवीं अवस्था तक चलेगा। चौथे स्पंद तक पहुंचने के बाद यह अंक 8 को भी चुनेगा। 10 स्तरों में से प्रत्येक (10 अंकों के तदनुरूप) के नीचे दस दस की दो पंक्तियों में व्यवस्थित 20 निकास होते हैं जो यदि मुक्त होते हैं तो अभिग्रहित कर लिये जाते हैं। सिलेक्टर मुक्त निकास की तलाश में रहता है और इस बीच अगला चुना गया अंक संप्रेषित कर दिया जाता है। प्रत्येक उपभोक्ता के लिए सिलेक्टरों की सीमित संख्या उपलब्ध रहती है। उदाहरण के लिए 10,000 लाइनों के एक्सचेंज में लगभग 1,500 सिलेक्टरों का प्रावधान हो सकता है। यह परियात की मात्रा पर निर्भर करता है। प्रत्येक उपभोक्ता की, यूनिसिलेक्टरों के जरिए 24 द्विगति सिलेक्टरों तक पहुंच रहती है। इनका प्रत्येक उपभोक्ता के लिए अलग अलग प्रावधान रहता है।

ध्यान देने योग्य महत्वपूर्ण बात यह है कि डायलित अंक, गंतव्य-स्विचों की अवस्थाओं की संख्या और कॉलों के मार्ग का निर्धारण करते हैं। चयन की प्रत्येक अवस्था स्विचों के वर्ग की अपेक्षा रखती है। कॉल की पूरी अवधि में, सभी रिले और स्विच घिरे रहते हैं। सिलेक्टर को आगे बढ़ाने और मुक्त निकास को चुनने की प्रक्रिया में समय लगता है, मार्ग संपर्क से संपर्क के अनुसार मार्ग स्थापित होता है। जैसे ही एक अंक डायल किया जाता है, यह कार्य शुरू हो जाता है। एक अवस्था में प्रत्येक अंक एक 'स्तर' संयोजित करता है। यह 'क' स्थान से 'ख' स्थान तक जाने वाले किसी व्यक्ति द्वारा हर चौराहे पर मार्ग पूछने के समान है। वह मार्ग के आखिरी भाग में पहुंचने तक यह नहीं जानता कि मार्ग का आखिरी हिस्सा बंद है या खुला है। मार्ग निर्धारण डायल किये गये अंकों से होता है। 'ख' स्थान पर दूसरे मार्ग से भी पहुंचा जा सकता है। मार्ग खुले हुए हैं अथवा नहीं इसकी जांच हो तो सकती है किंतु यह स्ट्रॉजर प्रणाली में संभव नहीं है। दूसरे शब्दों में, इसमें किसी प्रकार की लोच नहीं है, स्ट्रॉजर प्रणाली में तो मार्ग डायलन से, जैसे बंधा रहता है। निकासों के चयन में सीमित पहुंच तथा केवल डिकेडिक संकेतन पद्धति के प्रयोग की आवश्यकता, इस प्रणाली के कुछ अन्य प्रतिबंध हैं (चित्र-30)।

सुधरती हुई स्ट्रॉजर प्रणाली

स्ट्रॉजर प्रणाली को सुधारने और सामान्य नियंत्रण के कुछ घटक लागू करने हेतु प्रयास हुए हैं। ऐसा एक नियंत्रण क्रमशः संचालक प्रणाली है जो प्रथमतया लंदन के केंद्रीय क्षेत्रों की जरूरतों को पूरा करने के लिए विकसित हुई। आज यह कलकत्ता में लागू हो रही है। यह प्रणाली उपभोक्ता द्वारा डायलित नंबरों को जमा कर लेती है और उन्हें नेटवर्क के कुशल उपयोगार्थ अनूदित करती है। इससे, कतिपय एक्सचेंजों तक पहुंचने के लिए तकनीकी कोड मिल सकेगा। उपभोक्ता द्वारा डायल किया गया कोड, कॉलों को मार्ग प्रदान करने के उद्देश्य से तकनीकी कोड में अनूदित किया जायेगा। इस प्रणाली का एक बड़ा लाभ यह है कि बहिवती एक्सचेंजों को संयोजित करने के लिए पृथक लाइनें बिछाने की जरूरत नहीं पड़ेगी जबकि अनुवाद-कोडों के अभाव में यह अनिवार्य हो जाता। उदाहरण के लिए गंतव्य 'क' से एक्सचेंज 43 तक पहुंचने के लिए 'क' से पृथक लाइन स्थापित करने की आवश्यकता नहीं होगी। बल्कि 43 को एक अन्य कोड में अनूदित किया जा सकता है जो मौजूदा लाइन के ज़रिए कॉलों को भेज सकता है।

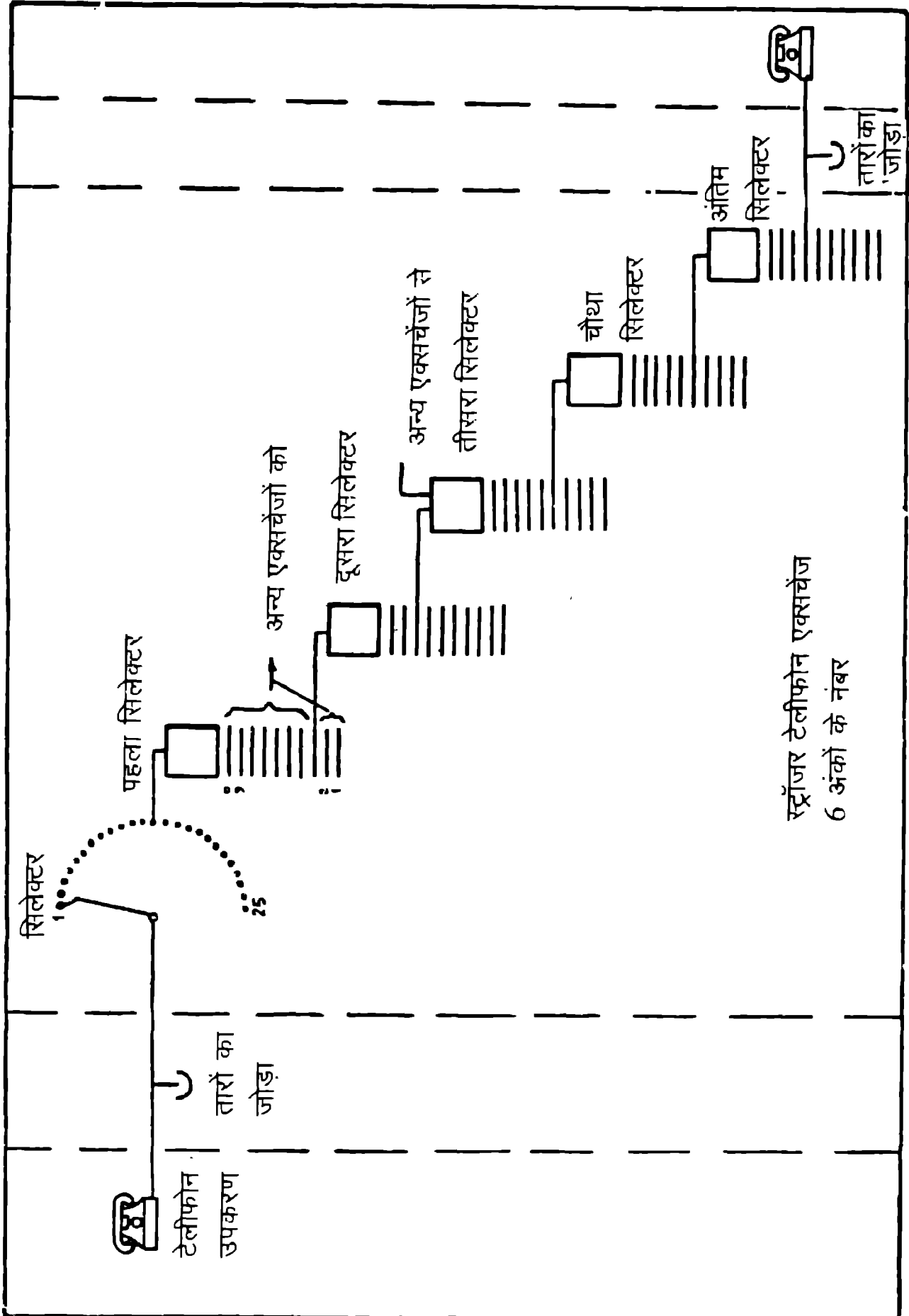
न्यून कॉल दर वाले क्षेत्रों में स्ट्रॉजर एक्सचेंज को मितव्ययतापूर्ण ढंग से प्रयोग करने का एक अन्य तरीका संकेंद्रक संस्थापन का है। यदि न्यून कॉल दर वाले क्षेत्र में 1,000 उपभोक्ता हैं तो एक्सचेंज की 1,000 लाइनों का प्रावधान करना आवश्यक

चित्र-29 स्विचन नेटवर्क में, कॉल (शीर्ष) संयोजित करने हेतु पथ स्थापित करने के लिए विद्युत संपर्क प्रदान करने के क्रम में प्रत्येक आगत लाइन से प्रत्येक निर्गत लाइन की काट की जा सकती है।

होगा। इसके कम प्रतिशत से भी काम चल जायेगा बशर्ते वहां कॉल की मांग को समझकर मुक्त लाइन नियत करने हेतु संकेंद्रक लगा हो। यह कार्य उपभोक्ता की संकेंद्रक इकाई के एक्सचेंज में लगी वैसी ही इकाई के साथ सहयोजन से होता है। इसके विपरीत बिना केबिलों में वृद्धि किये अधिक फोन दिये जा सकते हैं।

स्ट्रॉजर एक्सचेंजों को जो कि स्थानीय नेटवर्क का 70 प्रतिशत हैं, सुधारने के प्रयास किये गये हैं। एक विशेषज्ञ समिति ने इन एक्सचेंजों के कार्य में पायी गयी खराबियों को दूर करने के लिए अनेक यांत्रिक सुधारों के सुझाव दिये। उदाहरण के लिए उपस्कर करेंट के हल्का होने पर भी संकेत महसूस करने और प्रतिक्रिया करने योग्य बनाया जा सकता है, जिससे पतले केबिलों का प्रयोग संभव हो अथवा सेवित टेलीफोनों के बीच की दूरी में वृद्धि हो सके। तारों में परिवर्तन तथा नये निर्माण की प्रथा एवं रख-रखाव के साधनों संबंधी सुझाव भी दिये गये हैं। एक सुझाव यह है कि कुछ स्ट्रॉजर एक्सचेंजों में आमंत्रक लाइन पहचान उपस्कर का प्रावधान किया जा सकता है। यह डिमांड ट्रंककॉल करने वाले उपभोक्ता को पहचान तथा विद्वेषपूर्ण कॉल अनुरेखण के अतिरिक्त स्वचालित ट्रंक टिकेटिंग जैसी सुविधाएं देने में सहायक हो सकती है।

भारत में पहली प्राइवेट टेलीफोन लाइन सन् 1875 में बंबई में मझगांव डॉकयार्ड स्थित स्टीम नेविगेशन कंपनी पोस्ट ऑफिस तथा बंबई में फोर्ट एरिया ऑफिस के बीच स्थापित हुई थी। यंत्र, अंकों के बजाय अक्षरों से प्रचालित होता था। नवंबर 1881 में मद्रास, कलकत्ता, बंबई और रंगून में टेलीफोन प्रणाली को प्रचालित करने के लिए प्राइवेट कंपनी को लाइसेंस मंजूर किये गये थे। बंबई टेलीफोन एक्सचेंज जनवरी 1882 में खोला गया था। उस वर्ष तक वहां 244 फोनों को संयोजित करने वाले पांच टेलीफोन एक्सचेंज थे।

सन् 1899 तक प्राइवेट कंपनियों और सरकार की 3,300 लाइनों के 50 टेलीफोन एक्सचेंज थे। प्रथम स्वचालित एक्सचेंज जिसकी क्षमता 400 कार्यरत कनेक्शनों के साथ 700 लाइनों की थी, सन् 1913 में शिमला में प्रारंभ किया गया। सन् 1990 तक तार और टेलीफोन में रेलवे की जरूरतों को पूरा करना शुरू किया। सन् 1943 में सरकार ने टेलीफोन कंपनियों, की परिसंपत्तियां खरीदने हेतु अपने विकल्प का प्रयोग किया।

स्वतंत्रता प्राप्ति के समय (सन् 1947) 86,000 कार्यरत कनेक्शनों युक्त लगभग 1 लाख लाइनों की क्षमता वाले केवल 321 एक्सचेंज थे जबकि 1988 तक देश की कुल एक्सचेंज क्षमता 40 लाख लाइनों से अधिक हो गयी थी।

चित्र-30 6 अंकों के नंबरों से संयोजित स्ट्रॉजर टेलीफोन एक्सचेंज। जैसे ही डायलित अंकों की सूचना प्राप्त होती है अथवा किसी दूसरे एक्सचेंज को कॉल हस्तांतरित होती है और यदि पहले दो अंक ऐसा संकेत देते हैं तो सिलेक्टर, क्रमिक रूप से कॉल स्थापित करते हैं। इसी प्रकार अन्य एक्सचेंजों से कॉल तीसरे और उसके बाद के सिलेक्टरों से संचालित होती हैं।

13

शलाकाओं का परस्पर संयोजन

टेलीफोन परियात में तीव्र गति से वृद्धि होने के साथ ही, स्तर-दर-स्तर प्रणाली की सीमाएं ज्यादा महसूस हुई हैं। स्ट्रॉजर प्रणाली में डायल द्वारा एक्सचेंज के सीधे नियंत्रण के प्रयोग से लोगों को परोक्षतः नियंत्रण के तरीके के विषय में सोचना पड़ा। परोक्ष नियंत्रण की कुछ विशेषताएं इस सदी के तीसरे दशक में लागू की गयी थीं। इनमें से एक है पैनल प्रणाली जो सन् 1915 में नेवार्क, न्यू जर्सी में "अर्ध स्वचालित स्विच" के रूप में प्रारंभ हुई। सीधे नियंत्रण को डायल से हटा कर पृथक यांत्रिक यूनिट में लगाने की दिशा में यह पहला प्रयास था। इसमें डायलित अंकों को दर्ज करने का प्रावधान था। इन अंकों को उपयुक्त नियंत्रण स्पंदों में परिवर्तित किया गया और संपर्क स्थापित किया गया।

आगे चलकर और परिवर्तन हुए। सन् 1913 में रेनॉल्ड ने एक नयी किस्म का स्विच पेटेंट करवाया। यह पंक्तियों और खानों में जमे संपर्कों का एक आयताकार व्यूहजाल है। इसमें किसी भी कटान बिंदु पर संपर्क प्रचाालित किये जा सकते हैं। यह स्विच सन् 1919 में स्वीडन में बेतुलदर और पामग्रेन द्वारा विकसित जाने पहचाने क्रॉसबार में स्विच के रूप में विकसित किया गया था। प्रथम क्रॉसबार एक्सचेंज ने स्वीडन में सन् 1926 में सेवा प्रदान करना प्रारंभ कर दिया था।

सन् 1938 में क्रासॅबार स्विच के साथ कॉमन नियंत्रण के युग्मन का ब्रुकलिन न्यूयॉर्क में अगला कार्य हुआ। "मार्कर" नामक एक अन्य तत्व कॉमन नियंत्रण प्रणाली में लागू किया गया।

अंकों को दर्ज करने के लिए रजिस्टरों और कूटन के लिए अनुवादकों के साथ, स्विचन नेटवर्क के जरिए पथ के परीक्षण और चयन का कार्य संपन्न करने के लिए मार्कर का आविर्भाव हुआ। इस प्रकार स्विचन प्रणालियों की दूसरी पीढ़ी अभी भी विद्युतयांत्रिकीय थी, किंतु सामान्य नियंत्रण युक्तियों को विकसित करने हेतु उसने पहली पुश्त के उपस्कर के अनुभवों का प्रयोग किया।

रिले की भूमिका

स्ट्रॉंजर और क्रॉसबार जैसी विद्युत यांत्रिकीय प्रणालियों में नियंत्रण, विद्युत-चुंबक द्वारा खुले या बंद हुए संपर्कों द्वारा किया जाता है। ये संपर्क विद्युतचुंबकों द्वारा यांत्रिक संपर्क के जरिए व्यावहारिक रूप से चलाये जाते हैं।

टेलीफोन एक्सचेंजों में रिले द्वारा अदा की जाने वाली भूमिका ध्यान देने योग्य है। रिले विद्युत परिपथों के खोलने और बंद करने हेतु प्रयोग होने वाली विद्युत चुंबकीय युक्तियां हैं। ये विद्युत क्रिया को यांत्रिक क्रिया में बदलती हैं। यद्यपि अब स्विचन प्रणालियों में इलेक्ट्रॉनिक युक्तियां प्रयोग होती हैं तथापि, जहां अधिक गति के प्रचालन की आवश्यकता नहीं होती वहां रिले मितव्ययी होते हैं।

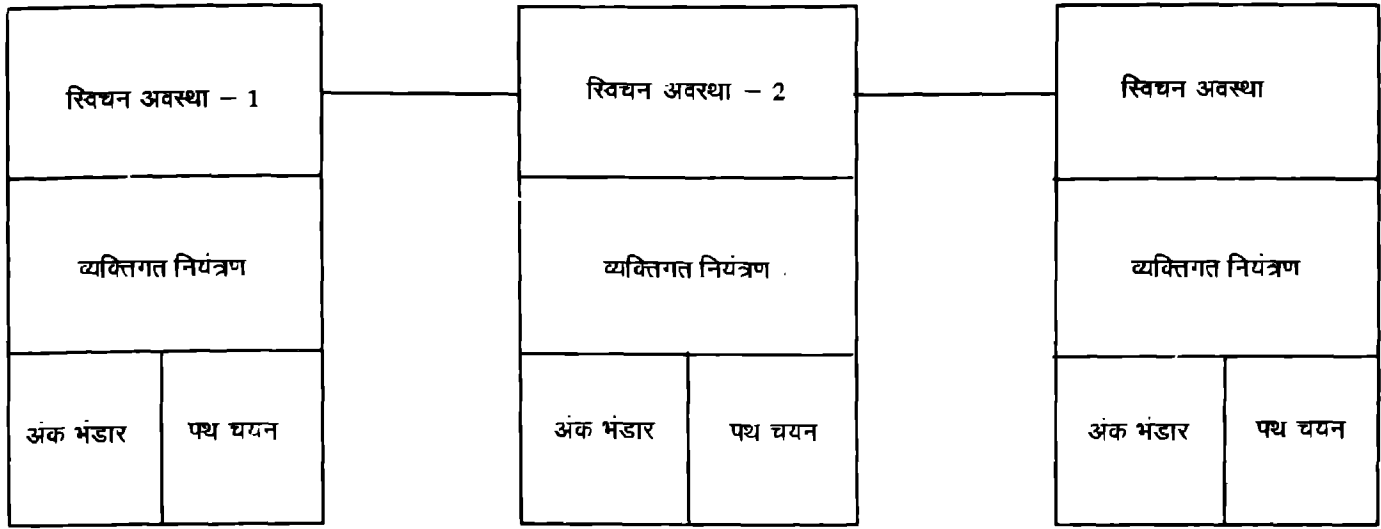
पॉवर की जरूरत को रिले कम करती है। यदि किसी युक्ति के प्रचालनार्थ गंतव्य 'ख' पर एक वाट की जरूरत है और यदि 'क' से मूल संकेत का एक हजारवां हिस्सा प्राप्त होता है तो 'क' स्थल पर 1,000 वॉट की जरुरत होगी। रिले का कोड एक पुर्जे को आगे बढ़ाने के लिए चुंबकीय क्षेत्र निष्पादित कर सकता है। इस प्रकार यदि एक रिले एक मिलीवॉट पर प्रचालित हो सकती है तो 'क' पर एक ही वॉट पर्याप्त है।

रिले का प्रयोग विविध प्रकार्यों के लिए होता है। ये विलंब करने, प्रचालन को क्रनिक करने अथवा परिपथों में परिवर्तन करने या नियंत्रित करने के लिए प्रयुक्त होती हैं।

क्रॉसबार एक्सचेंज में किसी प्रकार की यंत्रचालित युक्तियां नहीं होतीं। यह सर्व रिले एक्सचेंज होता है क्योंकि सभी संयोजन रिलेओं के प्रचालन द्वारा स्थापित होता है। डायलित नंबर द्वारा केवल गंतव्य की पहचान होती है। प्रत्येक डायलित अंक के अनुरूप न तो मार्गन (रूटिंग) के अनुरूप होती है और न चयन की अवस्थाओं की संख्या ही। कॉल लगाने के लिए जो कॉमन परिपथ प्रयोग होते हैं, कॉल की पूरी अवधि के दौरान व्यस्त नहीं रहते।

रजिस्टर ट्रांसलेटर और मार्कर नामक प्रकार्यात्मक इकाईयों में एक्सचेंज का नियत्रण केंद्रित होता है। इनकी संख्या परियात और एक्सचेंजों के आकार पर निर्भर करती है (चित्र 31, 32)।

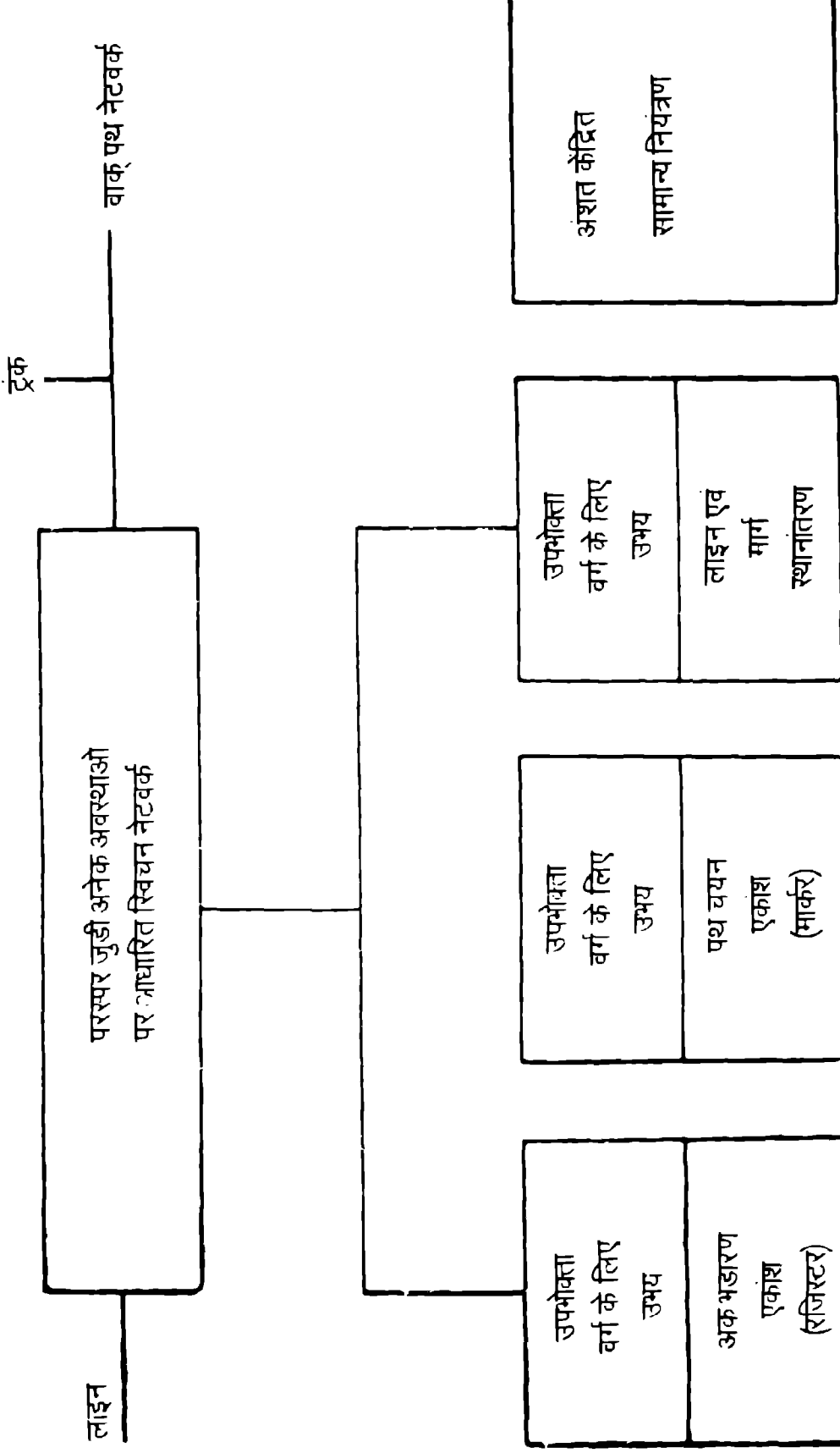
सामान्य नियंत्रण प्रणालियों के प्रारंभ में, दो प्रकार के उपस्कर थे। एक में स्विच का नियंत्रण मार्कर द्वारा होता था जो मुक्त पथ का तेजी से चयन करने में सहायक होता था। दूसरे में, 'डायलित अंकों से गंतव्य कोड पहचानने और कॉलों को मार्ग देने में लोच प्रदान के लिए रजिस्टर-ट्रांसलेटरों का प्रयोग होता था। बाद में दोनों प्रकार के उपस्कर संयुक्त कर दिये गये जो लगभग एक ऑपरेटर की भूमिका ही अदा करने लगे।

क्रॉसबार प्रणाली में अवस्थाओं का चयन और स्विचन डायलन से विच्छेदित हो जाते हैं, डायलन सूचना जमा हो जाती है और उसकी कितनी ही बार पुनरावृत्ति की जा सकती है।

चित्र-31 स्ट्रॉजर प्रणाली में प्रत्येक अवस्था पृथक पृथक नियंत्रित होती है। अंक जमा किये जाते हैं और हर अवस्था पर पथ चयन किये जाते हैं।

इस प्रकार कॉल लगाने के लिए वैकल्पिक मार्ग को आजमाना संभव होता है। सीधे मार्ग से ग्रहण न किया जाने वाला परियात स्वतः ही वैकल्पिक मार्ग पर भेजा जाता है। हम अब फिर से उस व्यक्ति के अपने उदाहरण पर आते हैं जो 'क' से 'ख' स्थान के लिए जा रहा है। क्रॉसबार यह पता लगायेगा कि पथ अंतिम छोर तक मुक्त हैं या नहीं और जरूरत पड़ने पर, दूसरा मार्ग मुक्त है तभी उसे आगे बढ़ने का निर्देश मिलेगा।

क्रॉसबार प्रणाली में लोच की वृद्धि करने वाली यांत्रिक व्यवस्था, प्रत्येक अवस्थाओं में निकासों की संख्या से संबंध रखती है। हमने देखा कि स्ट्रॉजर प्रणाली में निकास किस प्रकार सीमित है। एक प्रकार की पेंटा कांटा नामक क्रॉसबार प्रणाली में इकहरे क्रॉसबार स्विच की निर्गम क्षमता 52 होती है। इसे इस प्रकार निर्मित किया जाता है कि इसकी कुल निर्गम क्षमता 1,040 तक हो सकती है। हमने यह भी देखा कि स्ट्रॉजर प्रणाली में एक्सचेंज में सिलेक्टरों का कुछ प्रतिशत उपभोक्ताओं के लिए उपलब्ध रहता है। किंतु क्रॉसबार प्रणाली में एक सीमा तक सभी आगमों की, सभी निर्गमों, तक पहुंच रहती है। यह 'पूर्ण उपलब्धता' अवस्था कहलाती है, और इससे कॉल के लगने के अवसर बढ़ जाते हैं।

कॉल की प्रगति

अब हम यह देखें कि पेंटा कांटा, क्रॉसबार प्रणाली में सामान्य नियंत्रण उपस्कर, किस प्रकार एक कॉल को संभालता है।

चित्र-32 सामान्य नियंत्रण एक्सचेंज में, रजिस्टर, मार्कर और अनुवादक जैसे नियंत्रण उपस्कर, उपभोक्ताओं के लिए उभय होते हैं। ये अंकों को जमा करते हैं, तकनीकी कोडों में अनूदित करते हैं, उपलब्ध मार्ग का पता लगाते हैं, स्तर की सूचना देते हैं और कॉल लगाते या डायल-सुर प्रेषित करते हैं।

उपभोक्ताओं से आने वाले या उन तक जाने वाले परियात, लाइन यूनिटों द्वारा व्यव्हृत होता है। ये उद्‌गमित परियात को संकेंद्रित करतीं और सीमाबद्ध परियात का वितरण करती हैं। रजिस्टर, जिसे प्रणाली के मर्म-भाग से जोड़ा जा सकता है, कॉल को नियंत्रित करता है। मार्कर मुक्त, रजिस्टर मुक्त पथ को सुनिश्चित करता है और उसे 'आगम' से संयोजित करता है। मुक्त रजिस्टर को संयोजित करके डायल सुर भेजा जाता है। रजिस्टर अंकों को प्राप्त करता है, वांछित दिशा विश्लेषण करता है तथा अनुवादक की सहायता से उस दिशा के लिए कोड की पहचान करता है। अब इस क्रिया में एक अन्य मार्कर भी शामिल हो जाता है। समूह चयन मार्कर जिस एक्सचेंज के लिए कॉल है, उसका पता करने के लिए उपमार्ग के जरिए रजिस्टर से दिशा कोड प्राप्त करता है मुक्त निर्गत के निर्गमों में से वांछित दिशा में खोज करता है और 'आगम' व 'निर्गम' के बीच संपर्क स्थापित करता है। दिशाएं अनेक होती हैं और प्रत्येक में कई निर्गम होते हैं।

निर्गम से संपर्क स्थापित करके यह रजिस्टर को श्रेणी प्रदान करता है। संसूचना यानी कॉल, क्रॉसबार एक्सचेंज में जा रहा है अथवा अन्यत्र इसकी खबर रखता है। यदि कॉल स्थानीय एक्सचेंज के लिए है तो उपभोक्ता-मार्कर अंतिम तीन अंक संयोजित करता है, आमंत्रित उपभोक्ता को जांचता है और उसे आगम से संयोजित करता है। यदि मार्कर, रजिस्टर को सूचित करता है कि आमंत्रित नंबर व्यस्त है तब रजिस्टर तुरंत सभी कनेक्शनों को मुक्त कर देता है। यदि जंक्शन मुक्त है तो रजिस्टर, प्रेषक को संकेतन संसूचना जिसमें स्ट्रॉजर एक्सचेंज के लिए डिकेडिक-स्पंद अथवा क्रॉसबार एक्सचेंजों के लिए बहु-आवृत्ति (एम. एफ.) संकेतन शामिल रहते हैं, भेजने का निर्देश देते हुए, कनेक्शन पूरा करने के लिए कहता है। बहु-आवृत्ति संकेतन परियात को मार्ग प्रदान करने की दृष्टि से लोच पूर्ण होता है।

कॉलिंग दर जैसी परियात मान्यताएं एक्सचेंज संरूपण को निर्धारित करती हैं। ऐसा अनुमान किया जाता है कि सभी उपभोक्ता एक ही समय में कॉल संयोजन की मांग नहीं करेंगे। अतः यदि, क्रॉसबार स्विचों की संख्या सेवित उपभोक्ताओं की कुल संख्या से कम हो तो भी पर्याप्त है। जहां परियात का तकाजा हो वहां स्विचों की संख्या बढ़ायी जा सकती है। मार्करों जैसी अपेक्षित नियंत्रण युक्तियों की संख्या क्रॉसबार स्विचों की अपेक्षा कहीं अधिक कम होगी। सभी परिष्कृत उपाय एक विशेष समय में निष्पादित होने होते हैं। यदि कॉल प्रक्रिया का कोई भी अंश पूर्व निर्धारित सीमाओं के भीतर पूरा नहीं किया जाता तो 'टाइम आऊट' सामान्य नियंत्रण परिपथों को मुक्त करने हेतु दवाब डालेंगे।

विभिन्न रूपांतरों के लिए क्रॉसबार प्रणालियों का मूलभूत सिद्धांत एक सा है जबकि उनकी संरचना भिन्न है। पेंटा कांटा और एल. एम. एरिक्सन प्रणालियों में, पृथक पृथक

अवस्थाओं का नियंत्रण करने वाले मार्कर-युक्त रजिस्टर मुख्य व्यवस्थापक होते हैं। जापानी संरूपण में संपूर्ण एक्सचेंज के लिए मार्कर एक सामान्य समूह में होते हैं। श्रेष्ठतर रिले प्रदान करने, प्रत्येक अवस्था के लिए उपलब्ध विकल्पों की संख्या में वृद्धि करने और किसी कॉल के लिए एक्सचेंज उपस्कर को अधिक उपलब्ध कराने के निरंतर प्रयास किये गये हैं। स्थानीय एक्सचेंजों के लिए प्रयुक्त होने के अतिरिक्त क्रॉसबार प्रणाली राष्ट्रीय स्वचालित ट्रंक नेटवर्क की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए तैयार की गयी है।

क्रॉसबार की खूबियां

क्रॉसबार प्रणाली सरलीकृत डायलन प्रक्रिया की सुविधा देती है। राष्ट्रीय डायलन में यह अपेक्षित है कि, राष्ट्रीय प्रणाली में प्रविष्टि स्थल को नजरअंदाज करते हुए एक विशिष्ट राष्ट्रीय नंबर डायल करके उपभोक्ता से संपर्क किया जा सकता है। एकरूप अभिगमन कोड का होना संभव है अतः संपूर्ण देश के लिए एक राष्ट्रीय संख्यांकन योजना का परीक्षण किया जा सकता है। कदाचित स्ट्रॉजर प्रणाली में यह संभव न हो जहां इनसे संबद्ध स्तर और मार्गन अगम्य हैं (चित्र–33)।

सामान्य नियंत्रण प्रणाली में लोचपूर्ण संख्यांकन योजना हो सकती है। इसके लिए विविधता पूर्ण बड़े नंबरों का विश्लेषण करना होगा।

यह प्रणाली खर्चीले, लंबी दूरी के ट्रंक परिपथों के आदर्श प्रयोग की अनुमति देती है क्योंकि कॉलों का वैकल्पिक मार्गन अस्त-व्यस्त मार्गों को आजमा सकता है।

श्रेष्ठतर संकेतन संभव है। न्यूनतम समय में परिगमन स्विचन केंद्रों की एक बड़ी संख्या से होकर गुजरने की आवश्यकता है। स्थानीय नेटवर्क में डिकेडिक संकेतन मंद होता है। कॉलों का पुनर्प्रेषण तथा ट्रंक एक्सचेंजों के बीच अधिक संकेतन सूचना का संप्रेषण संभव है। बहु-आवृत्ति संकेत जैसे विशेष कूटित संकेत गलत कनेक्शनों की रोकथाम करते हैं। डायल द्वारा प्रेषित स्पंदों में त्रुटियां नहीं पकड़ी जा सकतीं। समग्र संप्रेषण क्षति, निर्धारित सीमाओं में ही रखी जा सकती है।

मापन और प्रसारण में नयी सुविधाएं संभव हैं। इनमें राष्ट्रीय उ. ट्र. डा. (एस. टी. डी.) कॉलों के लिए ट्रंक स्वचालित टिकटन, उन जंक्शनों पर मापन, जहां मीटर तथा प्रभार निर्धारण उपस्कर विभिन्न स्थानों और समय पर तथा समय और दूरी पर निर्भर 'मीटरन स्पंद आवृत्ति' में रखे जाते हैं।

उपभोक्ताओं के लिए सुविधाओं में दाब बटन, डायलिंग, स्वचालित दोष अभिलेखन, ट्रंक के सिवाय उपभोक्ताओं को उत्तर देते समय, मीटर-स्थगन, दुर्भावपूर्ण कॉल का पता लगाना, पी. ए. बी. एक्स. कनेक्शनों जिनमें आमंत्रित पक्ष के एक्सटेंशन के बोलने पर ही मीटर चलता है, में डायलिंग तथा सिक्का-संदूक से ऑपरेटर द्वारा नियंत्रित उप. ट्रंक डायलिंग कॉल शामिल हैं।

सामान्य नियंत्रण प्रणालियां अंतर्राष्ट्रीय ट्रंक नेटवर्क को स्वचालित बनाने की क्षमता प्रदान कर सकती हैं। ये तीव्र, लोचपूर्ण और विश्वसनीय संकेतन प्रदान करती हैं। दीर्घ अंकों तथा बाहरी प्रचालक की सहायता के बिना पी. ए. बी. एक्स. में अंत:डायलन को संचालित करती हैं तथा तीव्र स्पंदन वाली जटिल प्रसारण व्यवस्थाओं की देखभाल करती हैं।

इतनी सुविधाओं वाली क्षमता से मंडित होने के बावजूद सामान्य नियंत्रण प्रणालियों की अंत:निर्मित सीमाएं हैं। वे अतिभार नहीं सह सकतीं। चूंकि परियात 'पूर्ण उपलब्धता' अवस्थाओं के तहत ही संचालित होता है अतः कार्यकुशलता की उच्च दर के अनुसार कार्यरत, उपस्कर में अतिभार कतई नहीं लेता। किंतु जहां तक क्रॉसबार का प्रश्न है, इसके पुर्जों के अन्योन्याश्रित होने की वजह से अतिभार अवस्थाओं के तहत यह हिमकंटुकि प्रभाव से ग्रसित रहती है।

क्रॉसबार की कमियां

भारत में सामान्य नियंत्रण स्विचिंग का प्रारंभ सन् 1960 दशक के मध्य में हुआ था। क्रॉसबार स्थानीय नेटवर्क 15 प्रतिशत है। भारत में आयात हुई पेंटा कांटा क्रॉसबार प्रणाली का निष्पादन संतोषजनक नहीं रहा। मूलतया यह प्रणाली यूरोप में परियात अवस्थाओं के अनुरूप तैयार की गयी जहां टेलीफोनों की काफी अधिक संख्या को देखते हुए कॉलिंग दरें कम हैं।

सन् 1971 में दूरसंचार विशेषज्ञों का एक कर्मी दल गठित हुआ (जब क्रॉसबार एक्सचेंजों की लगभग एक लाख लाइनें नेटवर्क में चालू हो चुकी थीं), जिसने इस प्रणाली में विभिन्न कमियों का पता लगाया और इसके निष्पादन में सुधार हेतु कुछ हल सुझाये।

उपस्कर में विस्तृत संक्षारण के लक्षण परिलक्षित हुए। क्रॉसबार स्विच पर रिले में यांत्रिक संमजन टिकाऊ नहीं हैं। प्रयोग किये गये स्नेहक भारतीय पर्यावरण में कारगर सिद्ध नहीं हुए। सर्वाधिक गंभीर समस्या, रिले की संपर्क सामग्री के कटाव की थी जिससे सेवाओं पर असर पड़ता था और उपस्कर का सामान्यतया 25 वर्ष का माना जाने वाला कार्यकाल घटकर 10 से 15 वर्ष तक का रह जाता था। इसमें परिपथ में कमियां और घटकों की विफलताएं भी थीं। कर्मीदल ने इन सभी समस्याओं का हल ढूंढ़ लिया। सन् 1974 से आई. टी. आई. में निर्मित उपस्कर में ये सुधार कर दिये गये। सुझाये गये तरीकों से सभी क्रॉसबार एक्सचेंजों के स्तर को ऊपर उठाने का निर्णय भी लिया गया। यह धीमी प्रक्रिया थी क्योंकि यह कार्य एक्सचेंजों के प्रचालन के दौरान ही किया जाना था। सुझाये गये हलों का मूल्यांकन करने हेतु सुधारों को शामिल करके 2,000 लाइनों के एक एक्सचेंज का निर्माण किया गया

चित्र-33 क्रॉसबार एक्सचेंज का एक सरलीकृत मानचित्र। मार्कर, लाइन यूनिट को उस रजिस्टर से संयोजित करता है जो अनुवादक और एक अन्य मार्कर की सहायता से कॉल संयोजित करने के लिए आदेश देता है बशर्ते लाइनें मुक्त हों। एक्सचेंज के विभिन्न भाग अन्योन्याश्रित हैं।

और सन् 1975 में चालू किया गया। जनपथ-IV नामक इस एक्सचेंज ने व्यस्त क्षेत्र में कार्य किया है। इसमें कॉलों की विफलता की दर, सदृश एक्सचेंज में स्थानीय कॉलों की विफलता की 30 प्रतिशत दर के मुकाबले केवल 3 प्रतिशत रही।

फिर भी इस प्रणाली को नये सिरे से डिजाइन करने की आवश्यकता थी। यह महसूस किया गया कि पेंटा कांटा क्रॉसबार प्रणाली परियात मात्रा की दृष्टि से अत्यधिक असुरक्षित थी और उसके प्रभाव से इसमें खराब हो जाने की प्रवृत्ति थी। सामान्य नियंत्रण उपस्कर की विभिन्न युक्तियों के अंत प्रकार्य में भी अनेक अपर्याप्तताएं थीं। उदाहरणार्थ, पेंटा कांटा एक्सचेंज में, लाइन मार्करों के एक युग्म की कॉल लगाने की निर्धारित क्षमता केवल 600 थी। किंतु व्यवहार में लाइन मार्करों के प्रति युग्म द्वारा 16,000 कॉल संचालित किये जाने थे।

प्रणाली की पुनर्रचना

प्रणाली की पुनर्रचना करने की दृष्टि से, सन् 1974 में चार वर्ष के लिए भारतीय क्रॉसबार परियोजना गठित की गयी। इसे भारतीय अवस्थाओं के उपयुक्त एक स्थानीय एक्सचेंज और एक ट्रंक स्वचालित तैयार करना था। आई. सी. पी. नमूने का एक 2,000 लाइनों का स्थानीय एक्सचेंज तथा एक 1,000 लाइनों का ट्रंक स्वचालित एक्सचेंज विकसित हो गया है।

नयी प्रणाली में, उपकरणी प्रचालन युक्त बड़े यांत्रिक परिवर्तन किये बिना क्रॉसबार प्रणाली की विश्वसनीयता बढ़ाने के प्रयास किये गये हैं। जैसा कि नाम से ज्ञात होता है क्रॉसबार मूलतया रिले की आड़ी और खड़ी दो शलाकाओं के प्रचालन पर निर्भर करती है। इसमें संपर्क या तो दोषपूर्ण था या फिर डिजाइन में त्रुटि होने के कारण संपर्क होता ही नहीं था। इस स्थिति को सुधारा गया। अंकीय संसूचना को कूटित रूप में जमा करने वाले रजिस्टर एक मूलभूत प्रकार्य करते हैं। संपर्कों में खराबी आने के परिणामस्वरूप कॉल गलत होने लगे। इसमें सुधार करने के अतिरिक्त, सिलेक्टरों के फ्रेम में संयोजित किये जाने वाले टर्मिनलों की संख्या के लिए क्षमता में वृद्धि हेतु नये डिजाइन विकसित किये गये।

किसी क्रॉसबार एक्सचेंज की सफलता, कॉमन नियंत्रण तत्वों के समुचित अंतकार्य पर निर्भर करती है। अतिभार की दशाओं में अन्योन्याश्रितता के इस तत्व का परिणाम सेवाओं में तीव्रता से गिरावाट के रूप में आया। नयी प्रणाली में अन्योन्याश्रितता घट गयी है। पेंटा कांटा प्रणाली के सामान्य नियंत्रण के 33 तत्वों के मुकाबले नये डिजाइन में केवल 21 तत्व हैं। सामान्य नियंत्रण तत्वों की क्षमता में भी वृद्धि हुई है। अतिभार बद्ध करने की गुंजाइश में भी वृद्धि हुई है। लाइन यूनिट मार्करों को 50 प्रतिशत और

अधिक क्षमता प्रदान की गयी है। इसी प्रकार अनुवादक, संयोजन करने वाले परिपथों, समूह मार्कर तथा अन्य यूनिटें अब अधिक कॉल संचालित कर सकती हैं। श्रेष्ठतर रख-रखाव को सुनिश्चित करने की ओर ध्यान दिया गया है। क्योंकि अल्प समय साध्य सामान्य नियंत्रण तत्व एक्सचेंज की कार्य कुशलता पर असर डालते हैं अतः सतत प्रबोधन तथा संकुलता की अवस्था का ठीक ठीक पता लगना अनिवार्य है। अब दोष प्रबोधन पटल गड़बड़ी वाली बातों का संकेत देने हेतु अलार्म देंगे। दोष विश्लेषण तथा काम निबटाने का कार्य दिन के समय भी किया जा सकता है।

उन्नत स्तर के साथ ही त्रुटि-दर कम हो गयी। सुधरे हुए एक्सचेंज में यह और कम हो गयी और नये एक्सचेंज में इसके और अधिक कम होने का पूर्ण विश्वास है इससे पता चलता है कि सामान्य नियंत्रण के सिद्धांतों में कोई कमी नहीं आयी है। फिर भी जब यह सिद्धांत इंजीनियरी प्रणालियों में रूपांतरित होता है तब इसकी अंतर्निर्मित सीमाएं होती ही हैं।

इलेक्ट्रॉनिक पी. ए. बी. एक्स.

जहां कहीं किसी ऑफिस में बड़ी संख्या में एक्सटेंशनों की सेवा प्रदान की जानी है वहां निजी स्वचालित शाखा एक्सचेंज (पी. ए. बी. एक्स.) विकसित किये गये हैं। एक्सटेंशनों को, बाहर के टेलीफोन नेटवर्क से संयोजित किया जा सकता है। निजी स्वचालित एक्सचेंज (पी. ए. एक्स.) भी हैं जो केवल आंतरिक प्रयोग के लिए होते हैं। शुरू करने के लिए ये विद्युत यांत्रिक एक्सचेंज थे। आजकल बिना गतिशील पुर्जों वाले इलेक्ट्रॉनिक संस्करण विकसित किये गये हैं। उदाहरण के लिए आई. टी. आई. द्वारा निर्मित इलेक्ट्रॉनिक पी. ए. बी. एक्स. अनेक अतिरिक्त सुविधाएं प्रदान करता है। यह सभी आगम और निर्गम कॉलों को, बिना ऑपरेटर की सहायता के अन्य एक्सटेंशनों को भेज देता है। आने वाली कॉलों को विनिर्दिष्ट समूहों में ही पूर्व निर्धारित एक्सटेंशनों के लिए दिशा प्रदान करना भी संभव होगा। एक अन्य सुविधा किसी एक्जीक्यूटिव अथवा बाहरी व्यक्ति को एक ही समय में अनेक एक्सटेंशनों के संपर्क में रह सकने की है। बाहरी कॉल को रोके रखकर किसी एक्सटेंशन को डायल करना भी संभव होगा।

पी. ए. बी. एक्स. अथवा करचल स्विच पटल के लिए स्थान की कमी प्रतीत होती है तो उस स्थिति में 'की मास्टर' प्रणाली की व्यवस्था की जा सकती है, जिसमें बाह्य कॉल सुविधाएं तथा इकहरी टेलीफोन यूनिट में इंटरकॉम व्यवस्था शामिल होती है। यह टेलीफोन के भीतर लघु टेलिफोन स्विच पटल बन जाता है। एक बटन को दबा कर, बाह्य कॉल किसी भी संयोजित टेलीफोन को स्थानांतरित की जा सकती है।

संकेतन—प्राचीन और नवीन

संकेतन, घनिष्ठ रूप से स्विच से जुड़ा हुआ है। जब तक टेलीफोन स्थल से स्थल तक के आधार पर कार्य कर रहे थे, संकेत काफी सुगम था। करचल एक्सचेंजों और तत्पश्चात् स्वचालित एक्सचेंजों के प्रारंभ होने के साथ ही संकेतन एक जटिल प्रक्रिया हो गयी।

'मि. वाटसन यहां आइए' वाक्य संभवतया टेलीफोनी का पहला संकेत था। तथापि आज के समय में संकेतन इतनी सरल प्रक्रिया नहीं है। यह वह साधन और प्रक्रिया है जिसके द्वारा टेलीफोन कनेक्शन के विविध तत्त्व, उस कनेक्शन को स्थापित करने व कायम रखने हेतु संप्रेषण करते हैं। संकेतन प्रचालन की डी. सी. परिपथ के प्रचालन से लेकर डायलन, स्विचन पर्यवेक्षण, प्रतिधारण, समयन तथा अनुरणन के प्रयोग से संबद्ध जटिल प्रणाली के क्षेत्र तक परिव्याप्ति हो सकती है।

संकेतन अनिवार्य रूप से दुतरफा प्रक्रिया है। यह पुकारक को बतलाती है कि पुकारित पक्ष बातचीत के लिए मौजूद है अथवा उसकी लाइन व्यस्त है या फिर वह बातचीत समाप्त कर चुका है। संकेत की तीन श्रेणियां हैं। एक उपभोक्ता और एक्सचेंजों के बीच की, दूसरी है एक्सचेंजों के बीच की और तीसरी है अंतर्राष्ट्रीय एक्सचेंजों के बीच की।

उपभोक्ता लाइनों पर संकेतन इस बात पर निर्भर करता है कि उपभोक्ता डायल वाले टेलीफोन का प्रयोग करता है या दाब बटन का। स्ट्रॉजर प्रणाली में उपभोक्ता हैंड सैट उठाकर एक्सचेंज को संकेत देता है। इससे लूप में करेंट प्रवाहित होते हुए स्विच हुक पर के संपर्क बंद हो जाते हैं। अंकों के डायलिंग से करेंट में बाधा पहुंचती है।

केंद्रीय बैटरी टेलीफोन को करेंट देती है (इसलिए पावर बंद हो जाने पर भी यह काम करता रहता है)। वाक् तरंगों के साथ सामंजस्य स्थापित करते हुए मध्य-पटल में कंपन होता है। तब बोलने वाले की आवाज सीधे करेंट को परिवर्तित करती है। टेलीफोन रिसीवर को 'सीधे करेंट' की जरूरत नहीं होती क्योंकि यह वैकल्पिक करेंट के लिए बना होता है। जब पुकारक अपनी कॉल समाप्त करके हैंड सैट हुक पर रखता है तब परिपथ विच्छेदित हो जाता है।

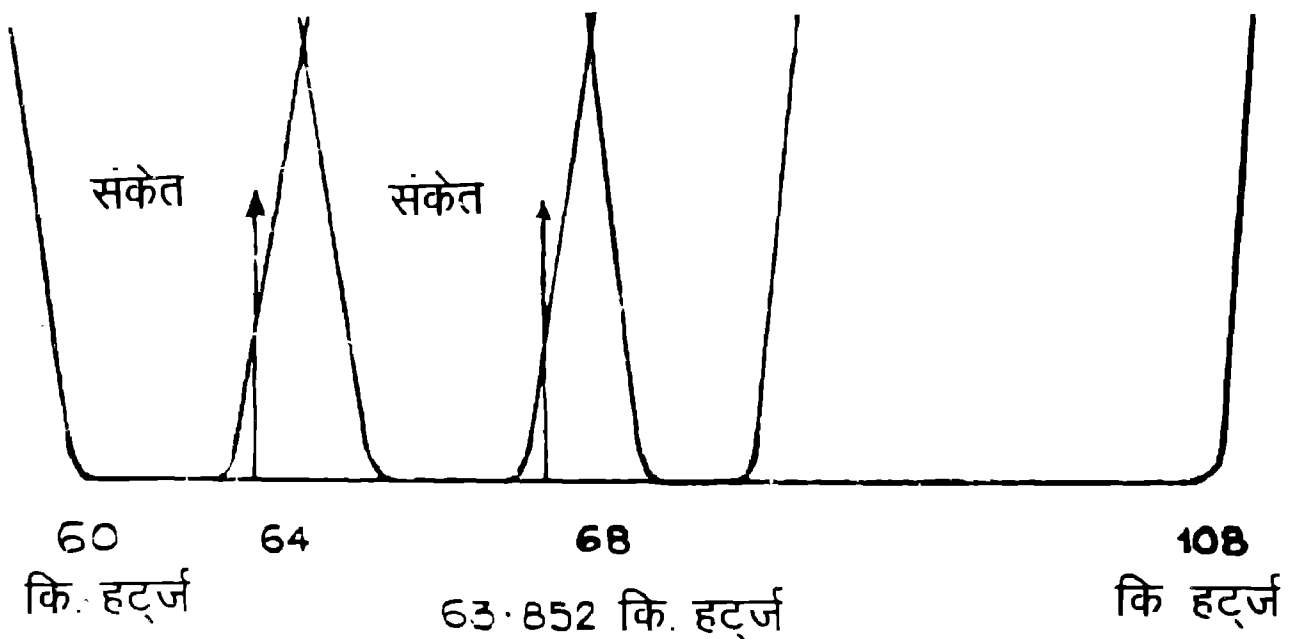
दाब बटन टेलीफोन, डायल किये गये विभिन्न अंकों के लिए 'सीधे करेंट' स्पंदनों की अपेक्षा विभिन्न आवृतियां निष्पादित करता है। एक निम्न आवृतियों के समूह से और दूसरी उच्च आवृति समूह से--इस प्रकार दो आवृतियों के संयोजन का चयन प्रत्येक अंक के संकेतन के लिए किया जाता है। भारतीय दाब बटन टेलीफोन 'अशोक' में की गयी यांत्रिक व्यवस्था आवृतियों को डायल-स्पंदों में परिवर्तित करती है, अंकों

को संचित करती और उचित समय पर मुक्त करती है। स्ट्रॉजर एक्सचेंज, डी. सी. स्पंदों के प्रति सीधी प्रतिक्रिया करता है। उभय नियंत्रण प्रणालियों में, 'रजिस्टर' और 'सेंडर' डायल स्पंदों को जमा करते हैं और निर्देशों पर अमल करते हैं। अंतःएक्सचेंज संकेतन में, नियंत्रण संकेतों के अतिरिक्त, 0 से 9 तक के अंकों का प्रतिनिधित्व करने के लिए 6 में से 2 आवृतियों का प्रयोग होता है।

'आउट ऑफ बैंड' संकेतन

बहुतायत से प्रयुक्त होने वाली एक संकेतन पद्धति 'आउट ऑफ बैंड' अंतर्निर्मित संकेतन के नाम से जानी जाती है। 300 से 3,400 हट्‌र्ज की सामान्य स्वर आवृति से परे होने के बावजूद संकेतन आवृति 4 कि. हट्‌र्ज के भीतर, अर्थात् 3,825 हट्‌र्ज होती है (चित्र-34)।

यह मितव्ययतापूर्ण है क्योंकि स्वर संप्रेषण, वाइस बैंड के ऊपरी सिरे पर अत्यंत क्षीण ऊर्जा युक्त होता है। कुछ छानन, स्वयं टेलीफोन हैंड सैट द्वारा और संतुलन मल्टीप्लैक्स उपस्कर द्वारा किया जाता है। अतः इसके 'वाक्' के साथ व्याघात की बहुत कम आशंका होती है। संकेत के उच्च स्तरों का प्रयोग किया जा सकता है तथापि, इसके लिए स्वर और संकेतन चैनलों के बीच समन्वय की आवश्यकता होती है।

आइए हम देखें कि संकेतन आवृति का प्रयोग किस प्रकार होता है। 3,825 हट्‌र्ज की आवृति, 4 कि. हट्‌र्ज के टेलीफोन बैंड में जोड़ी जाती है। छानकों की सहायता से 3,825 कि. हट्‌र्ज के जरिए प्रेषित संकेतन सूचना पहचान ली जायेगी। यह टेलीफोन विशेष में, घंटी बजने के लिए रिले को उत्तेजित करेगी।

चित्र-34 एक प्रकार के संकेतन में आवृति 3,825 हट्‌र्ज का प्रयोग होता है जो सामान्य वाक् बैंड अर्थात् 300-3,400 हट्‌र्ज से थोड़ी ही बाहर होती है। संप्रेषण के लिए, जब वाक् बैंड को उच्चतर आवृत्ति में रूपांतरित किया जाता है तब संकेतन आवृत्ति में वृद्धि होती है।

अपनायी गयी पद्धति पर निर्भर 3,825 हट्र्ज, निष्क्रिय चालू सुर या निष्क्रिय बंद सुर अवस्था होगी। यदि यह निष्क्रिय चालू सुर है तो परिपथ के प्रयोग न होने की स्थिति में 3,825 हट्र्ज की आवृति मौजूद रहेगी। वांछित नंबर डायल करने पर 10 आवेग प्रति सेकेंड की समान गति से, इसमें अवरोध उत्पन्न होगा। उदाहरण के लिए, यदि अंक 1 डायल किया जाये तो केवल एक बार और यदि अंक 4 डायल किया जाये तो संकेतन सुर 4 बार अवरुद्ध होता है। अंतःअंकीय विराम तथा, समयबद्ध एक्सचेंजों में संबद्ध कार्यवाही को सुविधाजनक बनाने के लिए 10 आवेगों की गति निर्धारित की जाती है। स्थल से स्थल तक उ. ट्रं. डा. कॉलों के लिए भी आउट ऑफ बैंड संकेत आवृति का प्रयोग होता है।

अंतःबैंड संकेतन

क्रॉसबार एक्सचेंजों के बीच एक भिन्न प्रकार की संकेतन प्रणाली कहलाती है। वाक् बैंड से बाहर रहने वाली 3,825 हट्र्ज के प्रयोग के बजाय,अंक स्थापन के लिए वॉइस बैंड के अंदर छह में से दो आवृतियां चुनी जाती हैं। एक निम्न और एक उच्च आवृति का संयोजन डायलित अंकों को पहचान लेता है। सन् 1968 में अपनाये गए अंतर्राष्ट्रीय मानक के अनुसार दाब बटन डायल में 941 हट्र्ज और 1,336 हट्र्ज का संयोजन है। डायलित अंक सूचना और उसकी प्राप्ति को प्रेषित करने के लिए केवल बहु आवृति संकेतन का ही प्रयोग किया जाता है। इसके अतिरिक्त आउट ऑफ बैंड संकेतन वाक् के दौरान और उसके पश्चात् कॉलों के पर्यवेक्षण के लिए प्रयुक्त होता है।

पर्यवेक्षी संकेत केवल कॉल से पहले और कॉल की परिसमाप्ति पर ही लाइन पर होते हैं। ये अंतः संयोजन स्थल पर रिपीटरों से सीधे करेंट आवेग की अपेक्षा नहीं रखते। अंतःबैंड संकेतन के लिए जटिल छानन प्रबंधों की आवश्यकता होती है। इसमें वाक् और संकेतन सुर में अंतर करने के लिए रक्षा परिपथ भी होते हैं। यह आउट ऑफ बैंड हो अथवा अंतःबैंड, संकेतन पथ प्रत्येक पृथक चैनल से संबद्ध होता है। उदाहरण के लिए 12-चैनल प्रणाली में प्रत्येक चैनल पर वाक् और संकेतन सूचना रहेगी। अभी हाल ही में जो विकास हुआ है उसके अनुसार सभी 12 चैनलों के लिए संकेतन सूचना संयोजित की जाती है और एक पृथक चैनल या चैनलों के समूह पर प्रेषित जाती है। इसे 'उभय चैनल संकेतन' कहते हैं। इसके लिए वाक् और संकेतन के बीच अधिक समन्वय की जरूरत होती है।

यह नयी प्रणाली कम शोर वाली है और इसके लिए विशेष छानन की जरूरत नहीं होती जिसे मिथ्या संकेतन द्वारा निष्पादित भी नहीं किया जा सकता। त्रुटि अन्वेषक, एक्सचेंज में छोटी मोटी खराबियों को छोड़ देते हैं। किंतु जहां खराबी लंबे समय तक रहती है वहां ये वैकल्पिक चैनल चालू कर देते हैं और यदि यह भी शोर करने लगता है तो ये चेतावनी दे देते हैं।

14

इलेक्ट्रॉनिक रोबोट

द्वितीय विश्व युद्ध के तुरंत बाद इलेक्ट्रॉनिक क्षेत्र में हुए विकास ने दूरसंचार इंजीनियरों का ध्यान आकर्षित किया। तारित कार्यक्रम नियंत्रण में इलेक्ट्रॉनिक घटकों का प्रयोग किया जाने लगा। सामान्य नियंत्रण तत्वों की संख्या में कमी करने के लिए तीव्र गति की इलेक्ट्रॉनिक युक्तियां प्रयोग की गयीं। ऐसे एक कार्यक्रम में लॉजिक परिपथों में तार इस प्रकार गूंथा गया कि यह 50,000 कॉल प्रति घंटे के हिसाब से संचालित कर सके। 'हार्डवेयर' से भिन्न प्रकार का काम लेने के लिए तार गूंथन में अभी भी परिवर्तन की आवश्यकता थी। दूसरे शब्दों में कंप्यूटर और टेलीफोन स्विचन प्रौद्योगिकियां अभी भी एक दूसरे से पृथक थीं। सन् 1965 से ही इन्हें संयोजित किया गया।

इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज अभी हाल ही की उपज है। विश्व का प्रथम संचित कार्यक्रम नियंत्रण इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज मॉरिस, इलिनॉइस, यू. एस. ए. स्थित बैल टेलीफोन प्रयोगशाला द्वारा सन् 1960 चालू किया गया। आगे चलकर हुए विकास के फलस्वरूप सन् 1965 में न्यू जर्सी में, प्रथम वाणिज्यिक इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज चालू किया गया। कनाडा, जापान, बेल्जियम, स्वीडन, फ्रांस, नीदरलैंड, जर्मनी तथा इंग्लैंड ने संचित कार्यक्रम नियंत्रित (इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज) करने की विभिन्न प्रणालियां विकसित कीं। भारत में प्रथम संचित कार्यक्रम नियंत्रित इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज नवंबर 1974 में दिल्ली में प्रारंभ हुआ। एस. पी. सी. नामक स्विचन प्रणाली का प्रथम सार्वजनिक स्थानीय एक्सचेंज एस. पी. सी. 1 नयी दिल्ली में नयी प्रणाली के मूल्यांकन के लिए सन 1970 के दशक के अंतिम चरण में लगाया गया।

'संचित कार्यक्रम नियंत्रण', टेलीफोन एक्सचेंज को सोचने की क्षमता प्रदान करता है। दूसरे शब्दों में एक पी. सी. प्रणाली, करचल एक्सचेंज के समान ही होती है। सिवाय इसके कि, इसमें ऑपरेटर के स्थान पर मशीन अतिमानव-सी करतब दिखाती है। केवल एक ही यूनिट अंक संचयन, पथ चयन और अनुवाद का कार्य समूचे एक्सचेंज के लिए करती है।

नवीन विशेषताएं

एस. पी. सी. इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज प्रणाली में अनेक नयी विशेषताएं जोड़ी गयीं। ये विशेषताएं उपभोक्ताओं और टेलीफोन प्रशासन दोनों के लिए लाभदायक हैं।

लाइन संबंधी जो विशेषताएं लागू की जा सकती हैं, वे हैं—उ. ट्रं. डा., अंतर्राष्ट्रीय उ. ट्रंक डा., सिक्का संदूक, संक्षिप्त डायलिंग, स्वचालित कॉल बैक, अस्थायी स्थानांतरण, कॉल प्रतिबंध एवं शुल्क संकेत। स्विच की विशेषताओं में, वैकल्पिक मार्ग व ट्रंक नंबरों का मनचाहा चयन (क्रमिक चयन के मुकाबले में) दुर्भावपूर्ण कॉल खोजने, डाटा स्विच तथा केंद्रित पर्यवेक्षण एवं रखरखाव शामिल हैं। उदाहरण के लिए, दिल्ली से उ. ट्रं. डा. पर लंदन प्राप्त करने के लिए अंक डायल करने होंगे। लेकिन कुछ ही अंक डायल करके सही नंबर प्राप्त कर लेना संभव है। इसी प्रकार स्थानीय कॉल भी संक्षिप्त डायलन द्वारा प्राप्त किये जा सकते हैं। यदि डायलित नंबर व्यस्त है तो आपको बार बार प्रयास करने की आवश्यकता नहीं होती। टेलीफोन में विद्यमान एक 'कूट' शब्द की सहायता से आपके बार बार कोशिश किये बिना ही वांछित नंबर के मुक्त होते ही उसे संयोजित किया जा सकता है अथवा, यदि आप दूसरों के लिए उ. ट्रं. डा. का अवरुद्ध करना चाहते हैं तो आप अपने टेलीफोन के लिए गुप्त कोड संख्या प्राप्त कर सकते हैं और जब आप डायल करते हैं तो आपके कहे बिना स्वतः ही टेलीफोन का परीक्षण हो जाता है। एस. पी. सी. प्रणाली की अनेक अन्य विशेषताएं भी हैं। इनमें मांग किये जाने पर दर द्वारा मापित स्वचालित संदेश अभिलेख शुल्क का विस्तृत अभिलेखन तथा आवर्तक स्पंद मापन शामिल हैं।

जहां तक अंतर्राष्ट्रीय स्विचन का प्रश्न है, कॉल स्थानांतरण, साख-पत्र की स्वतः जांच, प्रतीक्षा कॉल का संकेत अथवा मार्ग के व्यस्त होने, यहां तक कि किये गये कॉलों के अभिलेखन के लिए घरों में मीटर संस्थापना जैसी नयी विशेषताएं शामिल की जा सकती हैं।

इसके अतिरिक्त, एस. पी. सी. प्रणाली, विभिन्न संकेत प्रणालियों के साथ परस्पर कार्य कर सकती है। यह परियात माप सकती है, प्रणालियों के स्तर का संकेत दे सकती है, आखिरी क्षण तक के परिवर्तन हिसाब में ले सकती है, सेवा की गुणवत्ता के मूल्यांकन के लिए कॉलों को मॉनिटर कर सकती है और आवश्यक हो तो 'अतिभार' का विवरण भी दर्ज कर सकती है।

यह संभव है कि कुछ देशों में, इन सुविधाओं में से कुछ की आवश्यकता ही महसूस न हो किंतु स्वचालित डायल परीक्षण जैसी कुछ अनिवार्य विशेषताएं हैं जो टेलीफोन सेवाओं को सुधारने में सहायक होंगी। एस. पी. सी. प्रणालियां स्विच प्रौद्योगिकी की तीसरी पीढ़ी से समस्त नये लाभों के लिए लागू की जाती हैं।

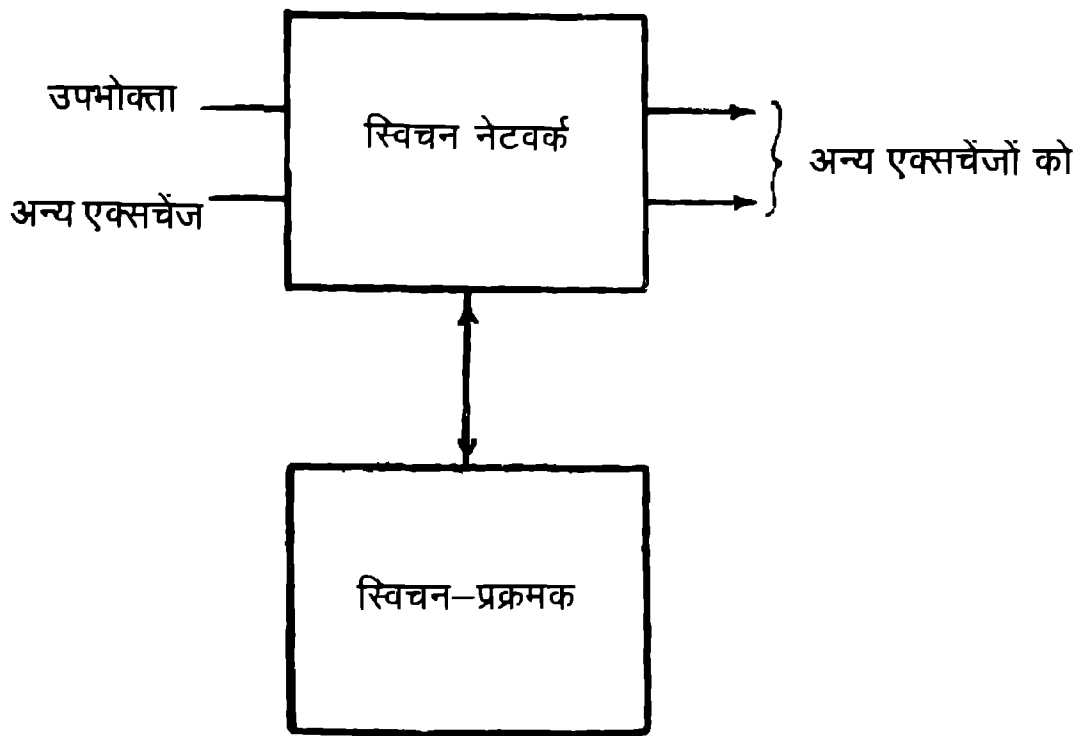
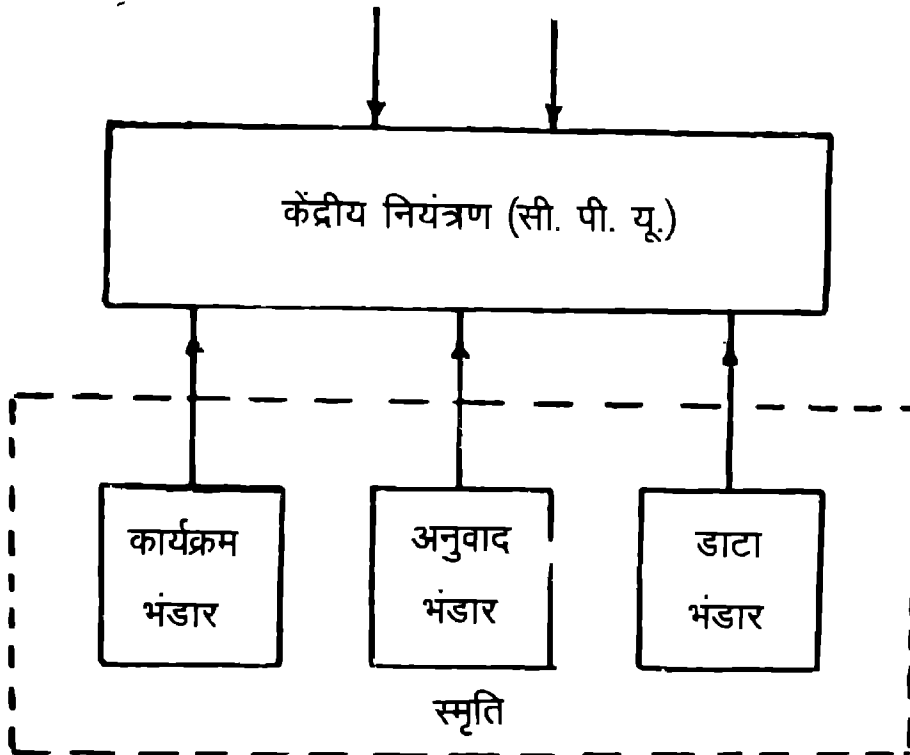
संचित कार्यक्रम नियंत्रण इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज टेलीफोन कॉलों के संचालन में लोच और मुक्त दोलिता तथा परियात के घनत्व में अपक्रम उत्पन्न करता है। यह नयी उपभोक्ता सेवाओं को लागू करने और प्रणाली के विस्तार की अनुमति देता है। यह प्रणाली दूसरी प्रणालियों के साथ परस्पर सुगमता से कार्य करती है। मानकीकृत हार्डवेयर, अधिकांशतया 'प्लग-इन टाइप' के इलेक्ट्रॉनिक घटक शीघ्र संस्थापन के लिए प्रयोग किये जा सकते हैं।

एस. पी. सी. इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज का सामान्य नियंत्रण पूरी तरह केंद्रित है। इस सामान्य नियंत्रण की एक महत्वपूर्ण विशेषता स्विच संसाधक है जो कि कॉल स्थापना की योजना बनाता है। यह, वास्तविक समय में टेलीफोन स्विचन के प्रकार्य को संचालित करने हेतु विशेष रूप से तैयार किया गया अंकीय कंप्यूटर है (चित्र-35)।

डायल-स्पंदनों को संसाधक एकत्रित करता है और उन्हें शुद्धता के साथ संप्रेषित करता है। यह न केवल कॉलों को नियंत्रित करता है बल्कि कॉलों का संसाधन करते समय अपनी स्वतः और सतत जांच करता है। जब खराबी का पता चल जाता है तब वैकल्पिक व्यवस्था स्वतः ही काम करने लगती है। अतिरिक्त प्रोग्राम खराबी का विश्लेषण करते और शोधक कार्यवाही मुद्रित करते हैं जो बहुधा मुद्रित कार्ड का सामान्य विकल्प होता है।

व्यापक स्मृति

व्यापक स्मृति के लिए, अत्यल्प अभिगमन समय का प्रावधान है। स्मृति का संबंध कार्यक्रम संचय, अनुवाद, संचय, उपभोक्ता विषयक डाटा तथा मार्ग संसूचना से है। अनुवाद संचय में प्रसारण सूचना, कॉल का प्रकार, कॉल लाइन और उनका कॉल कोड जैसा डाटा रहता है। इसके विपरीत, लाइन के व्यस्त अथवा सुस्त होने जैसा क्षणिक डाटा भी स्मृति में रहता है। यह समूचा डाटा, एक रखरखाव दूरमुद्रक द्वारा पूरा अद्यतन किया जा सकता है; पंचित रोल या चुंबकीय टेप के जरिए अनुदेश भी भरे जा सकते हैं। इच्छानुसार प्रणाली की लोच के प्रावधान से कार्यक्रम अनुदेश परिवर्तित किये जा सकते हैं।

स्मृति, द्विअंकीय भाषा है जिसे 16, 18 और 32 बिट के शब्दों में जमाया जाता है। अवस्थापन के लिए प्रत्येक शब्द में एक विशिष्ट संभाषण रहता है। '1' का अर्थ व्यस्त और '0' का अर्थ निष्क्रिय होता है। 'शब्द' संभाषण और निष्पादित करने संबंधी निर्देश संचित करता है। प्रचालनात्मक कार्यक्रम सामान्यतया एक चुंबकीय टेप पर अंकित होता है जबकि 'क्षणिक डाटा' जिसे व्यापक स्मृति कहा जाता है, का दूरमुद्रक के जरिए प्रचालन होता है। व्यापक स्मृति अर्थात् 'क्षणिक डाटा' फैराइट कोड में संचित

चित्र-35 किसी संचित कार्यक्रम नियंत्रण इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज में स्विचन प्रक्रमक स्थायी और अस्थायी डाटा तक आसन्न अभिगमन युक्त असाधारण क्षमता का रोबोट होता है। इसे विनिर्दिष्ट कार्यों को निष्पादित करने के लिए सुगमता से प्रोग्रामित किया जा सकता है।

किया जाता है। इस कोड के जरिए तार गूंथन के प्रतिदर्श से लॉजिक का निर्धारण होता है। स्मृति संचय के लिए अर्द्ध संवाहक अपना स्थान बना रहे हैं। इनमें पावर कम खर्च होती है और ये जगह भी कम घेरते हैं।

आइए हम देखें कि कॉल की प्रक्रिया क्या होती है। इसका वही तरीका होता है जिस प्रकार ऑपरेटर के रूप में कोई आदमी काम करता है। यह देखने के लिए कि कौन बात करना चाहता है यह लाइन स्केनिंग करता है, फिर अंक विश्लेषण, मुक्त मार्ग का पता लगाने और कनेक्शन स्थापित करने के लिए लाइन का परीक्षण आदि जैसी क्रियाएं भी इसमें शामिल हैं।

एक सेकेंड में 30 लाख

जैसा कि कॉल लगाने और जांच करने की प्रक्रिया में होता है, व्यस्त संसाधक, कोई डायल स्पंद है या नहीं, यह देखने के लिए तथा वियोजन और कॉल उद्‌गम के लिए हर दस मिली सेकेंड पर समय लेता है। यह परीक्षण केवल 3 माइक्रो सेकेंड में कर लिया जायेगा (एक माइक्रो सेकेंड एक सेकेंड का लाखवां और मिली सेकेंड एक सेकेंड का हजारवां हिस्सा होता है)। संसाधक की परीक्षण गति मानव क्षमता से बहुत अधिक तीव्र होती है। संसाधक एक सेकेंड में 30 लाख उपभोक्ता लाइनों का परीक्षण कर सकता है। एक उपभोक्ता लाइन का एक सेकेंड में 5 बार परीक्षण किया जाता है। 98 प्रतिशत उपभोक्ताओं को हैंड सेट उठाने पर 1.5 सेकेंड में डायल टोन मिल जाती है तो इसमें कोई आश्चर्य नहीं है। किसी भी टेलीफोन एक्सचेंज के लिए, डायल टोन के संदर्भ में मानक समय 3 सेकेंड का है।

जब कॉल करने वाला रिसीवर उठाता है तो लाइन परीवीक्षक 'लूप' के विद्युतीय परिवर्तन का पता लगाकर प्रक्रमक को सूचित करता है। मुख्य नियंत्रण 'स्मृति' से सेवा की श्रेणी तथा संकेत के प्रकार (डायल या दाब बटन) का पता लगाता है और रजिस्टर को उसकी स्मृति में कॉल नियत कर देता है। इसके बाद यह निष्क्रिय डायलन संयोजक का पता करके कॉलिंग लाइन के लिए स्मृति में मुक्त पथ तलाशता है। डायलन संयोजक तथा कॉलिंग नंबर के बीच मार्ग स्थापित करने के लिए मार्कर को नियंत्रित करता है। यह मानचित्र में लाइन को तुरंत व्यस्त कर देता है और डायल स्वर युक्ति को उत्प्रेरित कर दिया जाता है।

स्पंदों के संपूर्ण नंबर डायलिंग संयोजक द्वारा प्राप्त किये जाते हैं। प्रक्रमक उन्हें उपयुक्त अंकों में परिवर्तित कर देता है। पहले दो अंकों के विश्लेषण से यह पता चल सकता है कि कॉल स्थानीय है या नहीं। यदि वह स्थानीय है तो यह मालूम करने के लिए कि, पुकारित लाइन व्यस्त है अथवा नहीं, स्मृति को देखा जाता है। यदि लाइन व्यस्त है तो प्रक्रमक, डायलन संयोजक को मुक्त कर देता है और मार्कर

को मार्ग मुक्त करने और व्यस्त-सुर प्राप्त करने के लिए कॉलर को युक्ति से कनेक्ट करने के आदेश देता है। स्मृति मानचित्र में मार्गों को अद्यतन किया जाता है।

यदि कॉल की हुई लाइन मुक्त होती है तो प्रक्रमक किसी मुक्त स्थानीय संयोजक को चुनता है, संभव मार्ग पर विचार करता है और एक को चुनता है, उसे कनेक्ट करता है और डायलन संयोजक और उसके मार्ग को मुक्त करता है।

स्थानीय संयोजक को कॉल करने वाले पक्ष के अनुसरण सुर तथा कॉल करने वाले को वापसी सुर संप्रेषित करने के निर्देश तब तक दिये जाते हैं जब तक पार्टी जवाब न दे। वार्तालाप समाप्ति पर लाइन की स्थिति पर नजर रखी जाती है और मार्ग मुक्त कर दिये जाते हैं।

यदि कॉल बाहर की है तो रजिस्टर उस समय तक कॉल यूनिट के पास रहता है जब तक कि वह सभी डायलित या अनूदित सूचना दूरस्थ एक्सचेंज को संप्रेषित न कर दें।

बिटें, शब्द और कॉल

क्रॉसबार एक्सचेंजों में डायल सुर रजिस्टरों से आता है बशर्ते परियात भार इसकी अनुमति दे। रजिस्टर और उसके प्रकार्य पहले से बंधे होते हैं, उनमें और अधिक भार, लेने की लोच नहीं होती। वस्तुतः क्रॉसबार एक्सचेंज में डायल किये गए प्रत्येक अंक के लिए सामान्यतया 4 रिले होती हैं जबकि इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज में 1 अंक के लिए केवल 4 बिटें होती हैं। 17 बिट से एक शब्द बनता है। क्रॉसबार एक्सचेंज के विपरीत, मार्कर द्वारा मुक्त पथ की व्यावहारिक तौर पर खोज नहीं की जाती। क्रॉसबार मार्कर काट-स्थलों को प्रचालित करता है। इसका नेटवर्क नामक इलेक्ट्रॉनिक प्रतिरूप, कॉल लगाने के लिए काट स्थलों पर रीड स्विचों को प्रचालित करता है।

रीड स्विच इलेक्ट्रॉनिक नहीं होते। ये धातु के काट स्थल हैं। इन्हें इसलिए प्राथमिकता दी जाती है क्योंकि इलेक्ट्रॉनिक संस्करण वाक् संप्रेषण पथ के साथ अनुरणन प्रवाह नहीं गुजरने देते। धातु के काट स्थल भिन्न प्रकार के होते हैं जिसमें से प्रवाह रहित, यांत्रिक अर्गला युक्त लघु, क्रॉसबार स्विच एक है। एक अन्य रीड रिले होती है जिसमें विद्युत या चुंबकीय अर्गला होती है। चुंबकीय अर्गला में होल्डिंग करेंट की आवश्यकता नहीं होती। चुंबकीय स्वअर्गला रीड रिले इसलिए पसंद की जाती है क्योंकि यह धुएं, धूल और नमी से बचाव के लिए, सुरक्षित है।

हाल ही में 'रेम रीड' नामक एक अन्य संस्करण विकसित किया गया है। इसके लिए भी होल्डिंग करेंट की आवश्यकता नहीं होती। स्वयं रीडों में भी अवशिष्ट चुंबकत्व होता है। कम भार, पॉवर में बचत और इन युक्तियों की उच्च विश्वसनीयता,

इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंजों के लिए उन्हें, आदर्श रूप से उपयोगी बनाती है।

वस्तुतया धातु के काट स्थल, 'अंतराल विभाजन एस. पी. सी. एक्सचेंज' नाम एक किस्म की एक्सचेंज में ही प्रयोग होते हैं जिसमें एक्सचेंज के प्रत्येक कॉल के लिए व्यावहारिक रूप से वाक् पथ बनता है। दूसरे प्रकार का एक्सचेंज समय विभाजन एस. पी. सी. इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज कहलाता है जिसमें सभी कॉलकर्ता समय के संदर्भ में वाक् पथ में हिस्सा बंटाते हैं। प्रत्येक वाक् चैनल की 125 माइक्रो सेकेंड पर जांच की जाती है। प्रतिदर्श करते समय वाक् आयाम के अनुरूप स्पंदों के प्रतिदर्श 1 और 0 के रूप में कूटित और संप्रेषित किये जाते हैं। एक्सचेंजों को भविष्य में आने वाली संप्रेषण प्रणाली के मुकाबले में लाना आवश्यक है।

सामान्यतया ऐसा महसूस किया जाता है कि अंतराल विभाजन पद्धति आदर्श भी है और मितव्ययितापूर्ण भी जिसमें उपभोक्ताओं को 5 कि. मी. की परिधि में संकेंद्रित किया जाता है जबकि उपभोक्ताओं के विस्तृत क्षेत्र में फैले समूहों को समय विभाजन एक्सचेंज द्वारा ज्यादा अच्छी सेवाएं प्रदान की जा सकती हैं।

विश्वसनीयता सुनिश्चित करना

अब हम स्विचन प्रक्रमक की ओर वापस लौटें। अत्यधिक केंद्रित होने के कारण यह स्वाभाविक है कि किसी भी खराबी की स्थिति में वैकल्पिक व्यवस्था मौजूद रहे। तदनुसार व्यतिरिक्तता के लिए दो पद्धतियां हैं-पहली समक्रमिक पद्धति और दूसरी भार बांटन पद्धति कहलाती है। समक्रमिक पद्धति में एक ही समय में दो प्रक्रमक प्रचालित होते हैं—एक सक्रिय प्रक्रमक कहलाता है और एक जांच युक्ति द्वारा इसमें खराबी का पता चलाता है तो दूसरा प्रक्रमक समूची प्रणाली को संभाल लेता है।

'भार-बांटन' पद्धति में, प्रत्येक प्रक्रमक आंशिक कार्य को ही संभालता है। ये एक दूसरे की गतिविधि की जानकारी रखते हैं और खराबी की स्थिति आने पर दूसरा प्रक्रमक पहले से स्थापित कॉलों को संभाल लेता है। कॉल डायलन अवस्था में ही समाप्त हो जाते हैं। किंतु समक्रमिक पद्धति में चूंकि परिवर्तन अपेक्षाकृत तीव्र होता है, अतः ऐसे कॉलों को भी संभाला जा सकता है।

तथापि किसी प्रकार की कार्यक्रम-त्रुटि होने की स्थिति में समक्रमिक पद्धति असहाय हो जाती है क्योंकि उसका प्रतिबिंबन दोनों ही प्रक्रमकों में होगा। भार-बांटन पद्धति में दोनों में से एक प्रक्रमक त्रुटि मुक्त रह सकता है।

सामान्यतया एन + 1 विधि के तहत एक बहुप्रक्रिया व्यवस्था की जाती है। हालांकि इसमें परियात के लिए 'एन' प्रक्रमक पर्याप्त होते हैं तो भी सहायता के लिए एक और प्रक्रमक का प्रावधान किया जाता है।

सूक्ष्म प्रक्रमक का प्रयोग हाल ही में हुआ नया परिवर्तन है जो उभय नियंत्रण जंक्शनों का पूरक है। लघु इलेक्ट्रॉनिक घटकों के निर्माण की प्रौद्योगिकी अब जोर पकड़ रही है।

अधिक परियात को संचालित करना

इस एक्सचेंज के हार्डवेयर के संबंध में एक महत्वपूर्ण विशेषता है, अधिक परियात लेने की उसकी लोच जो क्रॉसबार एक्सचेंज में नहीं होती। बाद वाले प्रकार में, प्रणाली का ढांचा बदला नहीं जा सकता। एस. पी. सी. इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज, जो अपने पहले वाले प्रतिरूप की अपेक्षा व्यावहारिक रूप में कम जगह घेरता है, क्रॉसबार स्विचों में मुद्रित कार्डों का एक और कोटा, अतिरिक्त परियात की जरूरतों की देखभाल करेगा। उदाहरण के लिए, व्यस्त समय में दो प्रक्रमक 1,20,000 किये गये कॉल प्रयासों को संचालित कर सकते हैं। तीन प्रक्रमक इस क्षमता को 2,20,000 तक ले जा सकते हैं और चार प्रक्रमक 3 लाख कॉल प्रयासों को संभाल सकते हैं। व्यस्त समय में प्रति लाइन, 10 कॉल की उच्चतर दर मानी जाये तो चार प्रक्रमक 30,000 लाइनों को संभाल सकते हैं।

इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज में अल्प स्विचन समय के कारण एक लाभ और मिलता है। इससे इंजीनियर, उन अवस्थाओं में वृद्धि कर सकते हैं जिनसे गुजर कर कॉल स्विचित होता है। यदि स्विचन की अवस्थाएं अधिक हैं तो लागत में कमी लाते हुए, काट स्थलों की कुल संख्या घटाकर आदर्श स्थिति में रखी जा सकती है।

एस. पी. सी. इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज का रख रखाव और प्रचालनात्मक विशेषताएं स्ट्रॉजर और क्रॉसबार एक्सचेंज से अलग पथ का अनुसरण करती हैं। ये एक्सचेंज लैंप तथा केंद्रीकृत पर्यवेक्षी उपस्कर के जरिए प्रचालित होता है जबकि, एस. पी. सी. एक्सचेंज एक रख-रखाव दूर मुद्रक के जरिए प्रचालित होता है। एक मानव यंत्र भाषा (एम. एम. एल.) विकसित की गयी है। यह लाइन पर और लाइन से परे भी प्रेषित की जा सकती है।

रखरखाव का एक नया सिद्धांत उभर कर आया है जिसके मुताबिक कॉल संचालन को कदापि विघटित नहीं किया जाता है। जबकि खराबी का पता लगाकर ठीक किया जाता है। यदि प्रणाली का अधोकाल 20 वर्ष में 1 घंटा बतलाया जाता है तो इसमें आश्चर्य की बात नहीं है।

सॉफ्टवेयर पर कठोर परिश्रम

सॉफ्टवेयर से तात्पर्य है कार्यक्रमन, नियंत्रण, संशोधन, रख-रखाव तथा एक्सचेंज की कार्य प्रणाली में संशोधन। सॉफ्टवेयर को परिष्कृत करने की कोई सीमा नहीं हैं क्योंकि

यह तो अनिवार्य रूप से मनुष्य की बुद्धि के प्रयोग की बात हैं इसके विपरीत हार्डवेयर की अपनी सीमाएं हैं। उदाहरण के लिए एक मुद्रित कार्ड पर संघटित परिपथों की संख्या सीमित होती है। वास्तव में अनुभव से तो यह पता चला है कि अनेक देशों में इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंजों की शुरुआत की समस्याएं हार्डवेयर के कारण नहीं बल्कि सॉफ्टवेयर के कारण थीं। जल्दी ही यह स्पष्ट हो गया कि या तो टेलीफोन विशेषज्ञ कंप्यूटर कार्यक्रमन सीखें या प्रोग्रामर टेलीफोन विज्ञान का विशेषज्ञ बने।

यह बात सुनने में अजीब सी लग सकती है किंतु सत्य है कि मौजूदा सॉफ्टवेयर के लिए स्थायी रखरखाव की आवश्यकता होती है। जब प्रणालियां प्रचालित होती हैं तो सॉफ्टवेयर की कमियां स्पष्टतया सामने आ जाती हैं। किन्हीं टेलीफोन क्षेत्र की विशिष्ट जरूरतों की पूर्ति केवल सॉफ्टवेयर ही कर सकता है।

व्यस्त समय में विस्तृत विविधता युक्त परियात की जरूरतों को संभालने हेतु भारतीय एस. पी. सी. के लिए, विशेष सॉफ्टवेयर तकनीकें विकसित की गयी हैं। अपनायी पद्धति यह सुनिश्चित करती है कि वहीं सॉफ्टवेयर प्रणाली एक या उससे अधिक प्रक्रमकों के लिए प्रयोग की जा सकती है और उनके बीच वह तीव्र संचार सुविधा प्रदान करती है।

एस. पी. सी. इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज प्रणाली की शुरुआत से, संप्रेषण संकेतन और स्विचन के क्षेत्रों में नेटवर्क की निहित क्षमता का अधिकाधिक प्रयोग होना प्रारंभ हो गया है। विद्युत यांत्रिकीय प्रणालियों की समस्याएं अब नहीं रहेंगी। किंतु एस. पी. सी. एक्सचेंज के संस्थापन और कार्यक्रम के लिए परिष्करण आवश्यकताएं उच्च स्तरीय कार्यकुशलता की अपेक्षा रखती हैं।

समय विभाजन स्विचन

प्रारंभ में टेलीफोन नेटवर्क में स्विचयुक्त टेलीफोन चैनलों और टेलेक्स नेटवर्क में स्विचयुक्त टेलेक्स चैनलों का प्रावधान था। दूसरे शब्दों में उपलब्ध चैनल निर्धारित बैंडविड्थ उपचैनलों में विभाजित थे। आज जो बैंडविड्थ उपलब्ध हैं वे विगत वर्षों की तुलना में काफी अच्छे हैं और इसलिए नेटवर्क की क्षमता को अधिक लचीले ढंग से प्रयुक्त किया जा सकता है। समय के बंटवारे के आधार पर आवंटित विभिन्न बैंडविड्थ एक नयी पद्धति के आधार पर किया जाता है जिसे 'समय विभाजन स्विचन' प्रणाली कहते है।

यह नयी स्विचन पद्धति इसलिए संभव हो पायी क्योंकि पल्स कोड मॉड्युलेशन (जो कि संप्रेषण के लिए एनालॉग संकेतों को डिजिटल संकेतों में परिवर्तित करती है) सभी संकेतों को चाहे वे स्वर संकेत हों, वीडियो संकेत या फिर डाटा हों मिला

सकती है और तीव्र गति की इलेक्ट्रॉनिक युक्तियां उन्हें आर्थिक बचत की दृष्टि से अंत:पतित कर सकती हैं। कंप्यूटर, उपग्रह और तंतु प्रकाशीय केबिलों ने डाटा संभालने की क्षमता में वृद्धि की है। व्यक्ति से व्यक्ति तक की बातचीत की अपेक्षा यंत्र से यंत्र तक का संप्रेषण काफी तीव्र है। इन सबके लिए तीव्र, लचीली और अधिक कुशल स्विचन प्रणाली की अपेक्षा है।

विभिन्न संकेतों के एक्सचेंज में प्राप्त प्रतिदर्श वांछित पथ (फोन टेलेक्स मशीन, कंप्यूटर आदि पर) एकदम ठीक समय पर खुलने और बंद होने वाले इलेक्ट्रॉनिक द्वार से स्विचित कर दिये जाते हैं अथवा छांट दिये जाते हैं। विभिन्न प्रकार के प्रतिदर्श (स्वर, डाटा आदि) कंप्यूटर के नियंत्रण में विभिन्न बहिर्गामी पथों पर स्विचित होते हैं। 8,000 प्रतिदर्श पर 120 चैनलों के लिए, प्रति प्रतिदर्श स्विचन समय एक माइक्रो सेकेंड होता है। और समय सांचा पहले से आरक्षित किया जा सकता है। एक प्रयोक्ता को दो मिनट के लिए 200 बिट प्रति सेकेंड के चैनल की आवश्यकता पड़ सकती है जबकि दूसरे को 200 बिट प्रति सेकेंड के चैनल की आवश्यकता पड़ सकती है। हो सकता है कि दोनों ही संदेश डिजिटल कैरियर के रूप में 2 मिलियन बिट प्रति सेकेंड के हिसाब से अपनी यात्रा कर रहे हों। यह बात संप्रेषण दर पर निर्भर करती है कि स्विचित होने वाले संकेतों की गति समान हो या भिन्न। पारंपरिक स्विचन में जिसे स्पेस डिविजन स्विचिंग भी कहते हैं, साथ ही साथ अंतसंयोजनों की सुविधा की दृष्टि से भौतिक पथ स्थायी रूप से संयोजित रहते हैं जबकि टाइम डिविजन स्विचिंग में ऐसा नहीं होता। इसका अर्थ यह है कि टाइम डिविजन स्विचिंग में, स्पेस डिविजन स्विचिंग की अपेक्षा कम स्विचों की जरुरत पड़ेगी।

इलेक्ट्रॉनिक डिजिटल एक्सचेंज

डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक स्विचिंग उपस्कर बनाने की देश की पहली फैक्टरी, भारतीय टेलीफोन इंडस्ट्रीज़ लि. (ITI) की शाखा के रूप में उत्तर प्रदेश के गोंडा जिले में मानकपुर में स्थापित की गयी है। 5,00,000 लाइनों की क्षमता वाली यह फैक्टरी फ्रांस की एक फर्म, अल्काटल थॉमसन के तकनीकी सहयोग से स्थापित हुई है। भारतीय फैक्टरी पूरी तरह इस फर्म के डिजिटल ई 10 बी डिजाइन पर आधारित है और प्रणाली का सॉफ्टवेयर भारतीय परिवेश और परियात की मांग के अनुकूल रखा गया है। इसमें समय विभाजन तकनीकों पर आधारित अद्यतन विशिष्टताओं को समाहित किया गया है और प्रौद्योगिकी को निरंतर प्रोन्नत किया जा रहा है।

फ्रांस की फर्म के साथ हुए समझौते में देश की तुरंत मांग को पूरा करने हेतु कुल 2 लाख लाइनों से युक्त 24 डिजिटल उपभोक्ता टेलीफोन एक्सचेंज की आपूर्ति करने की व्यवस्था है। ऐसा प्रथम एक्सचेंज (ई 10) अप्रैल 1985 में बंबई में वर्ली

में चालू किया गया। इसके अतिरिक्त अॅल्कॉटल-थॉमसन, भा. टे. इ. (आई. टी. आई.) की पालघाट शाखा के लिए 30,000 परिपथों की वार्षिक क्षमता की डिजिटल ट्रंक एक्सचेंजों के निर्माण हेतु प्रौद्योगिकी और मशीनें देने के लिए सहमत हो गयी है। इस फैक्टरी का डिजाइन इलेक्ट्रॉनिक प्राइवेट स्वचालित एक्सचेंज (पी. ए. एक्स.) तथा प्राइवेट स्वचालित शाखा एक्सचेंज (पी. ए. बी. एक्स.) बनाने के उद्देश्य से बना है।

फ्रांस द्वारा डिजाइन किये गये डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज में 'समय विभाजन स्विचिंग' की लोच और कंप्यूटर की शक्ति का मिला जुला रूप शामिल है। ई 10 के रूप में जानी जाने वाली इस प्रणाली के अनेक लाभ हैं। यह एक्सचेंज मौजूदा टेलीफोन नेटवर्क में बिल्कुल दुरुस्त साबित हो सकती है तथा नेटवर्क की बदलती हुई जरूरतों को पूरा करने हेतु सतत सुधार की गुंजाइश रखती है। यह एक्सचेंज पहले से संस्थापित केबिलों का प्रयोग कर सकती है और पल्स कोड मॉड्युलेशन का प्रयोग किये जाने पर वे ही केबिल अधिक चैनल संप्रेषित कर सकते हैं। डिजिटल पी. सी. एम. सुदूर यूनिटों को एक्सचेंज से जोड़ने वाली काफी अधिक लाइनों में होने वाली काफी अधिक विकृति को सहन कर सकती है। ई 10 प्रणाली डिजिटल और एनालॉग दोनों प्रकार के संप्रेषण और मीडिया के साथ स्पर्धा करने की स्थिति में है। चूंकि इसमें माड्युलर उपागम विधि को अपनाया जाता है अतः इसके आधारभूत शिल्प में बिना परिवर्तन किये और परियात में बिना व्याघात उत्पन्न किये इसे सुधारा जा सकता है। यही नहीं, आधुनिक संकेतन कूटों को भी अपनाया जा सकता है।

ई10 का प्रयोग न केवल अपेक्षाकृत अच्छी टेलीफोन व्यवस्था के लिए किया जाता है बल्कि वीडियोटैक्स सॅल्युलर रेडियो और उपग्रह संपर्क जैसे अन्य दूरसंचार अनुप्रयोगों को संघटित करने के साधन के रूप में भी प्रयुक्त किया जाता है।

इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज विविध टेलीफोन घनत्व के नेटवर्क को सेवाएं प्रदान कर सकता है। सामान्यतया नगर क्षेत्रों में किसी विशेष प्रकार के नेटवर्क के बीजकोश में उच्चतम टेलीफोन घनत्व होता है और उपनगरीय क्षेत्र में निम्न घनत्व तथा ग्राम क्षेत्रों में निम्नतम घनत्व होता है। ई10 एक्सचेंज लघु (250) और बड़े (3,00,000) उपभोक्ताओं को सेवाएं प्रदान कर सकता है।

नगर क्षेत्र में एक केंद्रीय इकाई 2,00,000 व्यस्त समय के कॉल प्रयासों पर कार्यवाही कर सकती है और 40,000 उपभोक्ताओं को सेवाएं प्रदान कर सकती है। यह क्षमता उच्च टेलीफोन घनत्व और कुछ शहरों में कॉलिंग दर/ एक्सचेंज के अनुकूल है। अनिवार्य रूप से बुलाने वाली पार्टी के लिए नियम समय सांचे को, बुलायी गयी पार्टी के समय सांचे पर मिलाती है, इसी प्रकार उलट व्यवस्था भी करती है।

एक्सचेंज में सतर्कता नामक कॉल निपटान संसाधक (कॉल हेंडलिंग प्रोसेसर) आगे बढ़कर अपनी ओर से सभी यूनिटों को उस स्थिति में भी आदेश दे सकती है जबकि एक्सचेंज पहले से सैट निर्देशों पर अमल कर रहा हो। इसमें दो अनुवाद स्मृति युक्तियों की भी व्यवस्था होती है जिन्हें उपभोक्ता लाइन, डायरेक्टरी नंबर, उपस्कर नंबर प्रदान की गयी सेवाओं की श्रेणी तथा शुल्क की दरों की संपूर्ण सूचना रहती है। सामूहिक स्मृति (501 मेगाबाइट) में अत्यधिक सूचना भरी रहती है। दो स्मृति युक्तियां सजग पद्धति के रूप में भार वॉट के आधार पर कार्य करती हैं। जबकि कॉल निपटान संसाधन (ए एन+1 रीति) का प्रावधान व्यवधान की स्थिति में विकल्प के रूप में रहता है।

एक मानक ई 10 एक्सचेंज, एनालॉग और डिजिटल जैसी सभी उपभोक्ता लाइनें स्वीकार करती है। एनालॉग संकेतों को डिजिटल संकेतों में बदलने का प्रावधान भी रहता है। यह ध्यान देने की बात है कि समय विभाजन स्विचन की शुरुआत के साथ सामान्यतया संप्रेषण नेटवर्क के अंकीकरण की प्रक्रिया भी विद्यमान रहती है। अतः एक्सचेंज लाइनें अंकीकृत होती हैं। दूरस्थ मल्टीप्लेक्सरों को लाइनों पर संयोजित करने वाली प. को. मॉ. (पी. सी. एम.) प्रौद्योगिकी का प्रावधान पैनल संप्रेषण की क्षमता को पंद्रह गुना अधिक बढ़ा देता है। निवेश की आवश्यकता केवल रीजनरेटरों के लिए होती है, नये केबिलों के लिए नहीं; इस प्रकार इससे राशि की पर्याप्त बचत होती है। ई 10 एक्सचेंज पुराने पड़ गये विद्युत यांत्रिकी एक्सचेंजों से बदला जा सकता है। इन्हें सुधारा नहीं जा सकता और उपनगरीय और अन्य क्षेत्रों के छोटे एक्सचेंजों को बदला जा सकता है क्योंकि लघु ई 10 एक्सचेंज सीढ़ी दर सीढ़ी पुराने एक्सचेंजों को सुधार सकते हैं।

फर्मों में प्रयुक्त होने वाली पी. ए. बी. एक्स. प्रणालियों और गुल्लक टेलीफोनों को ई 10 संयोजित कर सकती है। यह बिना अतिरिक्त उपस्कर के, दाब टेलीफोनों और डायल वाले टेलीफोनों से प्राप्त होने वाले संकेतों को संभाल सकता है। उपभोक्ता लाइन का अंकीकरण अभिनव सुविधाएं प्रदान कर सकता है बशर्ते अपेक्षित सॉफ्टवेयर मॉड्यूल समाविष्ट कर दिये जाएं। यह एक्सचेंज पर्यवेक्षकों को भी अनेक सुविधाएं प्रदान करता है। फोन के लिए नंबर नियत करना, नंबरों को स्थानांतरित करना अथवा लाइनों को काटना और शुल्कों के विस्तृत रिकार्ड देना आदि कार्य इन एक्सचेंजों से सरल हो सकता है। एक्सचेंज नेटवर्क पर लगातार निगरानी रखता है, व्यस्त रजिस्टरों पर भी निगाह रखता है, चालू कॉलों और भार पर नजर रखते हुए उपभोक्ता लाइन तक प्रणाली की जांच करता है। उसके पूर्व कि प्रयोक्ता का ध्यान जाये यह पहले ही खराबी की जानकारी दे देता है। इसका विश्लेषण एकदम सही होता है। 90 प्रतिशत मामलों में उप प्रणाली की कार्य शैली अधिसूचित होती है जबकि परिपथ

बोर्ड पर स्थित मामलों में 40 प्रतिशत तक उद्‌घाटित हो जाती है। इसमें सही मायने में मानव और यंत्र के बीच वार्ता होती है : प्रचालक को किसी भी कार्य का एक्सचेंज से उत्तर मिलेगा और उसके द्वारा की गयी पूछताछ का भी उसी प्रकार जवाब मिलेगां।

ई10 प्रणाली के तीन आधारभूत घटक होते हैं, प्रबंध व्यवस्था के लिए कंप्यूटर, स्विचन एवं नियंत्रण तथा उपभोक्ता टर्मिनल। इनमें से प्रत्येक को स्वतंत्र रूप से विकसित किया जा सकता है। ई10 एक्सचेंज, 'संघटित सेवा अंकीय नेटवर्क' के रूप में जानी जाने वाली सुविधा भी प्रदान करेगा। समय विभाजन स्विचन के इतने लाभ हैं और वे इतने विश्वसनीय हैं कि 'स्पेस विभाजन स्विचन' (जिसमें एक भौतिक पथ स्थायी रूप से जुड़ा होता है) को विशेष कारणों से ही रखा जा सकता है।

इसका एक अन्य संस्करण ई10 एस, स्वर और अस्वर दोनों ही अनुप्रयोगों के लिए विकसित किया जा रहा है। ई10 बी डिजाइन 50,000 लाइनों तक की अधिक क्षमता वाले एक्सचेंजों के लिए प्रयुक्त होता है जबकि ई10 एस, स्वर अनुप्रयोगों के लिए लघु और मध्यम क्षमता वाला है किंतु यह अस्वर सेवाओं के लिए प्रवेश द्वार का काम कर सकता है। यद्यपि इसमें लगातार सुधार हो रहे हैं, इसका डिजाइन मानक टेलीफोन परियात और वीडियोटैक्स जैसी विशेष सेवाओं के लिए तैयार किया गया है।

सी-डॉट—घरेलू प्रयास

भारत में टेलिमैटिक विकास केंद्र (सेंटर फॉर डेवलपमेंट ऑफ टलिमैटिक(सी-डॉट) की स्थापना परिष्कृत टेलिमैटिक प्रौद्योगिकी और घरेलू उत्पादों के विकास भारत के टेलीफोन नेटवर्क को अंकीकृत करने और भविष्य में संघटित सेवा अंकीय नेटवर्क (आई. एस. डी. एन.) तैयार करने के लिए की गयी है। सी-डॉट विविध दूरसंचार अनुप्रयोग, आगे पीछे स्थानीय ट्रंक और ग्राम एवं नगर क्षेत्रों के लिए अनके संयुक्त रूप के अंकीय इलेक्ट्रॉनिक स्विचन प्रणालियों के डिजाइन तैयार करता है और उन्हें पारिवारिक तौर पर विकसित करता है। ये प्रणालियां, अधिक परियात भार और मंद टेलीफोन घनत्व, व्यस्त समय में प्रयास, अधिक तापमान धुसरित पर्यावरण तथा पावर आपूर्ति की समस्या जैसी भारत की विचित्र अवस्थाओं पर ध्यान देती हैं। इनके उत्पादों में 128 पोर्ट (लाइनें/ट्रंक) निजी शाखा एक्सचेंज, 512 पोर्ट ग्राम एक्सचेंज तथा 2,048/16,000 पोर्ट मुख्य एक्सचेंज अथवा ट्रंक स्वचालित एक्सचेंज शामिल हैं। सी—डॉट-डिजाइन, प्रतिवर्ष प्रत्येक की 5,00,000 लाइनें प्रतिवर्ष की क्षमता वाली घरेलू इलेक्ट्रॉनिक स्विचन फैक्ट्रियों में प्रयोग के लिए उपयुक्त माना गया है। सी-डॉट प्रौद्योगिकी की खास तौर पर, ग्रामीण क्षेत्रों के लिए सिफारिश की जाती है जहां वातानुकूलन सुविधाएं उपलब्ध नहीं होतीं। सी-डॉट डिजाइन संस्थापन, प्रयोग और

रखरखाव की दृष्टि से सरल है और इस प्रकार ऐसे स्थानों में जहां लघु एक्सचेंज अवस्थित हैं वहां कुशल श्रम शक्ति की आवश्यकता से बचा जा सकता है। सी-डॉट प्रौद्योगिकी लागत प्रभावी और पूंजी-संवेदित है और साथ ही अन्य विकासशील देशों को हस्तांतरित करने की दृष्टि से आदर्श है।

विकसित प्रौद्योगिकी में कई वांछनीय विशिष्टताएं होंगी। जैसे 'स्टेट-ऑफ-दि आर्ट' तकनीक, विविध अनुप्रयोगों के लिए अंकीय स्विचन प्रणालियां, कम शक्ति का व्यय, संचित कार्यक्रम वितरण नियंत्रण, स्वचालित रख-रखाव, निदान और समुत्थान सरलीकृत मानव-यंत्र अंतरापृष्ठ, सरल संस्थापन एवं रख-रखाव, लोच और विश्वसनीयता।

सी-डॉट द्वारा विकसित अंकीय स्विच परिष्कृत तकनीकी विशिष्टताओं का प्रावधान करता है : दो स्वर/डाटा चैनल और एक संदेश चैनल, छोटे प्रयोक्ताओं के लिए परिपथ, मौजूदा तांबे के तार पर विभिन्न सेवाओं तक पहुंचने के लिए उसी 2 तारों वाले परिपथों का प्रयोग; सभी सेवाओं के लिए नेटवर्क और प्रयोक्ता को एक बिल; चयनित कॉलरुख परिवर्तन और ऐसी ही सुविधाएं; मानक अंतः एक्सचेंज संकेतन और तंतु प्रकाश का भविष्य की सेवाओं के लिए प्रयोग (परिशिष्ट–3)।

सी-डॉट की लघु स्विचन प्रणालियों का सफल परीक्षण हो चुका है और सी-डॉट अंतर्राष्ट्रीय मानकों के अनुरूप डिजाइन करने और अपेक्षाकृत वृहत् प्रणालियों के प्रति आश्वस्त है।

एक अन्य विकास के तहत, दूरसंचार अनुसंधान केंद्र के सहयोग से भारतीय टेलीफोन इंडस्ट्रीज ने 6,42,000 लाइनों के कार्य के लिए उपयुक्त अंकीय एक्सचेंज उपस्कर का निर्माण किया है।

15

गलत नंबर

टेलीफोन प्रयोक्ताओं की आदतों का इस प्रणाली की कार्यकुशलता पर प्रभाव पड़ता है। इसी प्रकार स्वयं उपलब्ध टेलीफोन सेवा और उसकी कार्य कुशलता से प्रयोक्ताओं की आदतें प्रभावित होती हैं। उदाहरण के लिए, भारत में प्रति टेलीफोन कॉलिंग दर संभवतया उच्चतम है और इसका सीधा सा कारण यह है कि प्रति 1,000 की जनसंख्या पर केवल तीन टेलीफोन हैं। अर्जेंटाइना या हंगरी, या जापान में 1,000 की आबादी पर 100 टेलीफोन हैं जबकि जापान और यू. एस. ए. में 1,000 लोगों में 500 से 700 तक टेलीफोन हैं।

इस प्रकार यह स्वाभाविक है कि कुछ टेलीफोन अपेक्षाकृत अधिक प्रयोग होते हैं क्योंकि दूरसंचार के लिए मांग में वृद्धि होती है।

यह वृद्धि आंकड़ों में प्रतिबिंबित होती है। उदाहरण के लिए नयी दिल्ली, में प्रति टेलीफोन कॉल दर का दैनिक औसत 13 है जबकि राष्ट्रीय औसत 10 है। लंदन, पेरिस, न्यूयार्क और टोकियो में प्रति टेलीफोन कॉलों का दैनिक औसत 7 है।

इन कॉलों के समय में भी भिन्नता है, व्यवसायियों की कॉलों का समय कम होता है जबकि दूसरे टेलीफोनों के कॉलों का समय अधिक होता है। अत्यधिक लंबे समय के कॉल कुछ स्कूली बच्चों द्वारा किये जाते हैं जो अपना गृहकार्य, अपने मित्रों से देर तक टेलीफोन पर सलाह मशविरा करके करते हैं। कुछ देशों के विपरीत समय की दृष्टि से भारत में कॉल का अंतराल सीमित नहीं होता।

यह देखना बहुत ही रोचक है कि मनुष्य की विविधतापूर्ण आवश्यकता के प्रति मशीन कैसी प्रतिक्रिया करती है। यहां तक कि भोले स्वभाव वाले बच्चे की तरह मात्र कौतुक के लिए टेलीफोन का चोंगा उठा लेने से एक्सचेंज का काम बढ़ जाता है। इसे टेलीफोन एक्सचेंज, टेलीफोन मिलाने की आवश्यकता मानकर डायल स्वर उत्पन्न करती है। क्रॉसबार एक्सचेंज 10 सेकेंड तो प्रतीक्षा करेगा और इस बीच यदि डायलन प्रांरभ नहीं होता तो यह अपने आपको मुक्त कर लेगा। तब चोंगा वापस रख देना होगा और फिर से डायल स्वर के लिए प्रतीक्षा करनी होगी। स्ट्रॉजर में डायल स्वर

बना रहता है। स्ट्रॉजर में, यदि डायलन न किया जाये या कुछ संख्या डायल करके बीच में छोड़ दिया जाये तो एक्सचेंज बिना मतलब व्यस्त हो जाता है। यह समय और श्रम की फिजूलखर्ची है। अन्यथा, इस प्रकार रोधित एक्सचेंज डायल करने वालों को अपनी सेवा प्रदान कर सकता है।

यदि कोई टेलीफोन नंबर व्यस्त है और व्यस्त स्वर आ रहा है तो भी लोग काफी देर तक उसे सुनते रहते हैं। इसके लिए तो 4,5 सेकेंड ही काफी हैं। यहां तक कि कुछ लोग तो ऐसे भी होते हैं जो इस उम्मीद में चोंगे को कान से लगाये रखते हैं कि व्यस्त स्वर समाप्त होगा और टेलीफोन की घंटी जायेगी। इसी प्रकार जब घंटी बज रही होती है किंतु फोन नहीं संभाला जाता तो भी लोग काफी देर तक यानी 30 सेकेंड तक उसे सुनते रहते हैं। एक सर्वेक्षण में यह बतलाया गया कि कोई भी उपभोक्ता औसतन 8 सेकेंड में फोन पर जवाब दे देता है बशर्ते वह अधिक दूर न हो अथवा सो न रहा हो।

एक्सचेंज के प्रकार्य की सुविधा के लिए डायलन में एक अंतःनिर्मित समय की व्यवस्था होती है। एक औसत उपभोक्ता शीघ्रता से डायलन पूरा कर लेता है। वह डायलन प्रारंभ करने में 2 सेकेंड का समय लेता है और लगभग 12 सेकेंड में पूरा डायलन कर लेता है।

गलत नंबर

एक अंक डायल करने के बाद डायल, पूर्व निर्धारित समय में वापस लौटता है। डायल को जबरन अधिक जोर से गति प्रदान करने जैसे व्यवधान से, सही स्पंद नहीं जाने के कारण केवल गलत नंबर ही मिलेगा। यदि कोई व्यक्ति डायल करते समय बीच में नंबर भूल जाता है अथवा ढूंढ़ने लगता है तो जहां तक क्रॉसबार एक्सचेंज का प्रश्न है वह 41 सेकेंड से अधिक उसकी प्रतीक्षा नहीं करेगा, वह व्यस्त स्वर उत्पन्न कर देगा। यदि डायल ढीला है अथवा उसमें कोई अन्य खराबी है तो गलत नंबर मिलने की आशंका रहती है।

किसी को भी डायल स्वर मिलने तक प्रतीक्षा करनी चाहिए। क्रॉसबार एक्सचेंज के मामले में स्वर सुनायी देने में कुछ सेकेंड लग सकते हैं। इस बीच चोंगा वापस रखने की जरूरत नहीं है। किसी भी प्रकार डायल स्वर प्राप्त करने की गलत धारणा के कारण हुक को बार बार दबाने से काम नहीं बनता क्योंकि एक्सचेंज इस तरह से अपना प्रकार्य नहीं करता। दूसरी ओर हुक को बार-बार दबाने से डायल किये जा रहे कुछ नंबरों में गड़बड़ी हो सकती है क्योंकि इससे लूप करेंट में रुकावटें आ सकती हैं जो सामान्यतया अंकों को डायल करने के कारण होती हैं।

जब शुरू के कुछ अंक डायल करने पर व्यस्त स्वर आ जाता है तो बाकी के

अंक डायल करने की कोई तुक नहीं है। ऐसी स्थिति में चोंगा वापस रखकर फिर से नंबर डायल करना होगा।

पुनर्प्रयास

यदि नंबर व्यस्त है तो बार बार प्रयास करने से उपस्कर भी व्यस्त रहेगा। किये गये सर्वेक्षण के अनुसार न लगने वाले 10 कॉलों में से 8 कॉलों के लिए तुरंत पुनः प्रयास किया गया। बिना रुके किये गये पुनर्प्रयासों से केवल संकुलन में ही वृद्धि होती है। अतः नंबर मिलाने के लिए पुनर्प्रयास करने से पहले कम से कम 30 सेकेंड प्रतीक्षा की जानी चाहिए। इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज में 'स्वचालित कॉल, रिकॉल' की अंतर्निर्मित सुविधा हो सकती है। इससे डायल किये गये नंबर के खाली होते ही, उपभोक्ता द्वारा फिर से प्रयास किये बिना घंटी बजेगी। एक विशेषज्ञ ने सुझाव दिया है कि स्विचन प्रणाली पर अतिरिक्त भार घटाने के विचार से इस सुविधा को वैकल्पिक रखने के बजाय नियमित बनाया जा सकता है। डायलिंग के बाद जहां तक क्रॉसबार एक्सचेंज का प्रश्न है यह सोचकर कि कॉल नहीं लगा, छोड़ने के बजाय कुछ सेकेंड के लिए प्रतीक्षा करनी चाहिए क्योंकि स्विचिंग यंत्र व्यवस्था सभी अंकों के लिए प्रतीक्षा करती है, उनका विश्लेषण करती है और एकाधिक बार प्रयास करके नंबर संयोजित करने का प्रयास करती है। कुछ क्रॉसबार प्रणालियां तो एक के बाद दूसरे मार्ग की तलाश करती हैं जबकि कुछ प्रणालियों में साथ ही साथ मार्ग की खोज करने की व्यवस्था होती है। इसके अलावा यदि कोई कॉल एक एक्सचेंज के माध्यम से दूसरे एक्सचेंज को किसी मध्यस्थ एक्सचेंज द्वारा भेजा जाता है तो मूल एक्सचेंज द्वारा मध्यस्थ एक्सचेंज को सभी अंक भेजने होते हैं।

डायलनोत्तर विलंब

स्ट्रॉजर एक्सचेंज में एक अंक को डायल करने में 700 मिली सेकेंड (एम. एस.) का समय लगता है जिसमें 500 एम. एस. के अंतरांकीय ठहराव में 6 अंकों के लिए 1.2 सेकेंड का समय लगता है जो कुल 7.2 सेकेंड का समय होता है। यदि डायलन धीमा है तो यह समय बढ़ भी सकता है। क्रॉसबार एक्सचेंज में, डायल स्वर मिलने अथवा घंटी बजने में कुछ अधिक सेकेंड लगते हैं। यदि यह उपभेक्ता ट्रंक डायलन है तो सुपरिचित पिप-पिप की ध्वनि (जो इस बात की द्योतक है कि एक्सचेंज कॉल लगाने में व्यस्त है) के साथ ही डायलोत्तर विलंब में कुछ सेकेंड और बढ़ जायेंगे। यदि यह दिल्ली से लंदन की तरह अंतर्राष्ट्रीय उपभोक्ता ट्रंक डायलन है तो दो डायलन स्वर और 13 अंक डायल होने तक प्रतीक्षा करनी होती है और इसमें, डायलन क्रिया समाप्त करने से लेकर घंटी बजने या व्यस्तता का स्वर मिलने के बीच 40 सेकेंड

तक का अंतराल हो सकता है। प्रक्रिया के किंचित बड़ी होने के कारण ऐसा होता है। स्थानीय एक्सचेंज से डायल स्वर प्राप्त होने पर दिल्ली के उपभेक्ता को कोड 900 डायल करना होता है जो उसे दिल्ली से संयोजित बंबई स्थित अंतर महाद्वीपीय स्वचालित एक्सचेंज तक पहुंचाता है। यह वह स्थिति होती है जब उपभोक्ता को दूसरे डायल स्वर के लिए प्रतीक्षा करनी होती है। इसके बाद वह इंग्लैंड का देशीय कोड 44 डायल करके उसके तुरंत बाद लंदन प्रणाली का क्षेत्रीय कोड डायल करता है। कॉल सूक्ष्म तरंग संपर्कों के जरिए 'अर्वी' तक पहुंचता है जहां से उपग्रह परिपथ उसे इंग्लैंड के आगत अंतर्राष्ट्रीय स्विचन केंद्र, फिर इंग्लैंड के ही राष्ट्रीय स्विचन केंद्र और अंत में टर्मिनेटिंग स्थानीय एक्सचेंज तक पहुंचाता है। राष्ट्रीय अथवा अंतर्राष्ट्रीय एक्सचेंज में रिसीवर को वापस रखते समय यह सुनिश्चित कर लेना होता है कि कनेक्शन कट गया है। अन्यथा मीटर चलता रहेगा और बिल आने पर उपभोक्ता के दिल की धड़कन बढ़ सकती है।

उ. ट्रं. डा. मीटरिंग

उपभोता ट्रं. डायलिंग कॉलों के लिए शुल्क लेने हेतु दो वैकल्पिक जरिए हैं। एक जरिया तो प्रत्येक उ. ट्रं. डा. केंद्र में कंप्यूटर संस्थापित करना है। दूसरा जरिया है– उ. ट्रं. डा. कॉलों के समय और दूरी का हिसाब रखने में स्थानीय कॉलों को दर्ज करने हेतु प्रयोग होने वाले मीटर को ही प्रयोग में लाना। कोई विद्युत एक्सचेंज विस्तृत बिल प्रदान कर सकता है।

संकेतों और वाक् संप्रेषित करने के लिए, टेलीफोन को एक्सचेंज से संयोजित करने वाले दो तारों के अतिरिक्त 'लाइन व्यस्त है अथवा मुक्त' यह बतलाने और लाइन को मीटर से जोड़ने के लिए एक तीसरा तार जोड़ा जाता है। उ. ट्रं. डा. कॉलों के मामले में बुलाये गये उपभोक्ता के जवाब देने के बाद सीधे करेंट के स्पंदों द्वारा एक बार स्थानीय कॉल के लिए और प्रति कुछ सेकेंड में एक बार मीटरिंग (जैसा भी प्रशासन द्वारा निर्धारित किया गया हो) किया जाता है।

16

किसी भी माध्यम से संपर्क

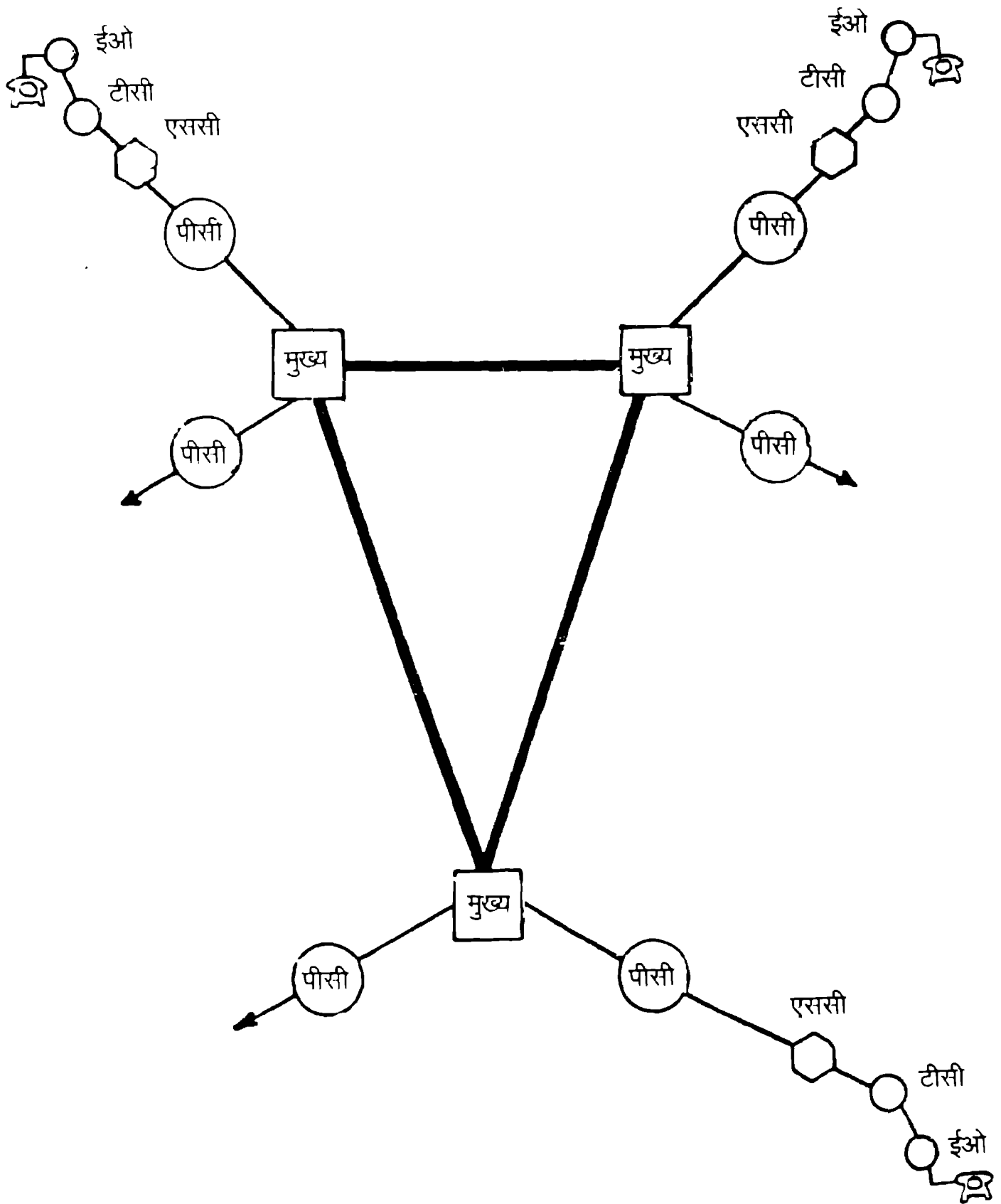
नेटवर्क नियोजन

नेटवर्क नियोजक किसी क्षेत्र में पर्याप्त दशाओं के लिए संगत अनेक तत्वों को हिसाब में लेते हैं। देश में प्रत्येक स्थान से हर एक दूसरे स्थान के लिए सीधी ट्रंक लाइनों का प्रावधान करना आवश्यक नहीं है। परियात से इसका औचित्य सिद्ध नहीं होगा।

अतः जहां सीधे संपर्क नहीं है वहां एक स्थान से दूसरे स्थान के लिए कॉल स्विचित किये जाते हैं। वर्तमान में ऐसे कॉल हाथ से अधिकतम तीन एक्सचेंजों से होकर भेजे जा सकते हैं। इसके परे इन कॉलों के शोर का अधिक सामना करना पड़ता है जो टेलीफोन बातचीत के लिए स्वीकार्य नहीं है। स्वचालित संपर्कों के प्रावधान के लिए एक्सचेंज से उपभोक्ता तक आने वाली द्वितार लाइनों के बदले चतुष्तार लाइनों की आवश्यकता होती है। चतुष्तार लाइन (प्रत्येक दिशा के लिए एक जोड़ा) से वाक् का स्तर सुधर जाता है।

स्वचालित कॉल ज्यादा से ज्यादा नौ एक्सचेंजों के जरिए (उदाहरण के लिए, पंजाब के एक गांव को केरल के गांव से संयोजित करते हुए) स्विचित हो सकते हैं। विभिन्न एक्सचेंज जिनसे होते हुए कॉल गुजरेगा, तैयार की गयी श्रेणीबद्ध योजना के अनुसार निर्धारित होते हैं (चित्र 36)। ऐसे कॉल कुल ट्रंक कॉलों का मुश्किल से एक प्रतिशत होते हैं जो नहीं के बराबर है। बेशुमार ट्रंक कॉल सीधे मार्ग द्वारा सेवित केवल दो या तीन एक्सचेंजों द्वारा संचालित होते हैं।

श्रेणीबद्ध योजना के अधोभाग में तीसरा एक्सचेंज, सामान्यतया एक 'ताल्लुक' मुख्यालय में होगा जिससे उस क्षेत्र के, लघु टर्मिनल एक्सचेंज जोड़े जायेंगे। इस एक्सचेंज द्वारा सेवित क्षेत्र 1,200 वर्ग किलोमीटर हो सकता है। एक प्रस्ताव यह है कि उस क्षेत्र में ट्रंक कॉलों के लिए, स्थानीय कॉलों के लिए लागू समान दर का प्रभार लिया जाये।

इसके बाद बारी आती है गौण एक्सचेंज की जो ज्यादातर मामलों में राज्स्व जिलों

चित्र-36 किसी संचार नेटवर्क में स्विचन केंद्रों के साथ टर्मिनलों की श्रेणीबद्ध अवस्थिति होती है क्योंकि प्रत्येक टर्मिनल को प्रत्येक दूसरे टर्मिनल से, उनके बीच परियात के बावजूद संयोजित करना आवश्यक नहीं होता। संपर्क छोर कार्यालय से, तीसरे केंद्र, गौण केंद्र तथा प्राथमिक केंद्र के माध्यम से स्थापित होता है। आरेख यह दर्शाता है कि ऐसे ही केंद्रों से ये किस प्रकार संयोजित किये जा सकते हैं।

में सेवा प्रदान करेगा। इनमें से लगभग 300 विचाराधीन हैं। प्रत्येक गौण एक्सचेंज को उस क्षेत्र के तृतीय एक्सचेंजों से संयोजित किया जायेगा। इन्हीं के अंतर्गत बहुत से गौण एक्सचेंज ही प्राथमिक हैं। मुख्यतः 4 एक्सचेंज हैं जो दिल्ली, कलकत्ता बंबई और मद्रास में हैं। उन एक्सचेंजों की संख्या जिनके माध्यम से कॉल का पारगमन होता है, घटायी जा सकती है बशर्ते स्विचन स्थल इने गिने हों। तब और अधिक सीधे संपर्कों की आवश्यकता होगी। सौभाग्य से संशोधित प्रौद्योगिकी का अनुसरण करके और अधिक सीधे संपर्कों को मितव्ययी बनाकर संप्रेषण लागत घट रही है।

राष्ट्रीय उपभोक्ता डायलन

श्रेणीबद्ध योजना द्वारा राष्ट्रीय उपभोक्ता डायलन सुविधा प्राप्त होगी। ट्रंक स्वचालित एक्सचेंज (टी. ए. एक्स.) से संयोजित कोई भी व्यक्ति, देश के किसी भी भाग में स्थित वैसे ही एक्सचेंज से संयोजित किसी भी अन्य फोन को डायल कर सकेगा। इसके लिए दो शर्तें हैं। एक तो यह कि ट्रंक स्वचालित एक्सचेंज में अत्यधिक कॉलों को स्वचालित करने की क्षमता होनी चाहिए, दूसरे यह कि कॉल के दूसरे छोर तक पहुंचने के लिए पर्याप्त मार्ग क्षमता होनी चाहिए। इन शर्तों के पूरा होने तक, सीमित क्षमता का निर्धारित मार्गों वाला ट्रंक स्वचालित एक्सचेंज (टी. ए. एक्स.) कुछ ही सीमा तक सेवा प्रदान कर सकेगा।

मद्रास, नयी दिल्ली, कलकत्ता और बंबई में टी. ए. एक्स., केवल स्थल से स्थल के आधार पर अंतसंयोजित हैं। उनसे जुड़े हुए स्टेशनों के बीच अंतर्डायलन की अनुमति रविवार के दिन और रात के समय कम परियात के दौरान दी जाती है। उदाहरण के लिए दिल्ली टी. ए. एक्स. से जुड़ा जालंधर में मौजूद उपभोक्ता, मद्रास टी. ए. एक्स. से जुड़े मदुरै को कम परियात अथवा रियायती अवधि के दौरान डायल कर सकता है। केवल मद्रास और दिल्ली के उपभोक्ताओं को ही चौबीसों घंटे डायल करने की सुविधा उपलब्ध थी। संप्रेषण और स्विचन की पर्याप्त क्षमता की उपलब्धि के साथ ऐसे प्रतिबंध प्रगामी रूप से हटा लिये गये हैं। सर्वाधिक व्यस्त समय में शुल्क की ऊंची दर लागू करना भार के नियमन का एक तरीका था।

राष्ट्रीय संख्यांकन योजना (नेशनल नंबरिंग स्कीम) हमें उपभोक्ता ट्रंक डायलन से जुड़े किसी भी शहर का नंबर जहां से हम नंबर डायल करते हैं उसी शहर के कोड से डायल करने की सुविधा देती है। बिना इस योजना के, विभिन्न शहरों से किसी शहर विशेष में संपर्क करने के लिए कोडों की संख्या कितनी भी हो सकती है। उदाहरण के लिए, बिना संख्यांकन और पथयोजना के, मान लीजिए हमें प्रारंभ में 'ए' शहर से 'एक्स' शहर में संपर्क करने के लिए 45 का प्रयोग करना है किंतु 'बी' शहर से 46 का प्रयोग करना होता है। किंतु ऐसी उपभोक्ता ट्रंक डायलन प्रणाली

में जिसकी संख्यांकन पथ योजना है। एक्स शहर जिस शहर से भी जुड़ा है, उससे केवल उसी 45 कोड से संपर्क किया जा सकता है। संकेतों का मार्ग निर्धारण समूह स्विचन एक्सचेंज द्वारा किया जाता है। जैसे ही हम पहले शून्य (0) डायल करते हैं हमारा संपर्क समूह स्विचन केंद्र से स्थापित हो जाता है जिसमें रजिस्टर-अनुवादक की सुविधा होती है। रजिस्टर मांगे गये शहर को नोट करेगा और अनुवाद से डायल किये गये शहर का मार्ग निर्धारण अंक (जो मूल कोड से बड़ा हो सकता है किंतु भिन्न शहरों के लिए भिन्न होगा) पता करेगा और फिर दूसरे शहर के एक्सचेंज से संयोजन स्थापित करेगा। बाद में, हमारे द्वारा डायलित रोके गये नंबर के लिए स्पंदन कॉल लगाने हेतु मुक्त किये जाते हैं। और समूह स्विचन एक्सचेंज द्वारा अस्थायी रूप से कॉल की अवधि का समय नोट करने और उसके अनुसार शुल्क पता करने हेतु तकनीकी प्रबंध भी किये जाते हैं। यह समय और दूरी के अनुसार होता है।

परियात प्रतिमान की अनेक विशेषताएं सुव्यक्त हैं। उपभोक्ता ट्रंक डायलन की शुरुआत से पता चलता है कि अंतर्नगरीय संपर्कों के लिए मांग अक्षुण्ण रही हैं। बड़े शहरों में स्थानीय टेलीफोन टर्मिनलों की मांग सेवाओं की सीमाओं और अभावों के बावजूद संतृप्ति सीमा से अभी काफी दूर है।

प्रथम स्थल से स्थल तक उ. ट्रं. डा. का प्रावधान सन् 1960 में लखनऊ और कानपुर के बीच किया गया था। यह निर्णय लिया गया है कि जिन शहरों में रोज सौ ट्रंक कॉल से अधिक आते और जाते हैं उन शहरों को उत्तरोत्तर उ. ट्रं. डा. सेवा में शामिल किया जाये। स्विचित ट्रंक एक्सचेंज के जरिए उ. ट्रं. डा., सन् 1967 में शुरू हुआ। प्रथम ट्रंक स्वचालित एक्सचेंज सन् 1967 में मद्रास को बंगलौर से जोड़ते हुए मद्रास में स्थापित हुआ था। बीसियों टैक्स केंद्रों द्वारा सैकड़ों शहरों को सेवाएं प्रदान की गयी हैं।

विविधतापूर्ण नियोजन

किसी भी स्थान तक उन विभिन्न मार्गों से पहुंचा जा सकता है जिन पर उद्देश्यपूर्ति के लिए संपर्क कायम किये जा सकते हैं। इसे ही मार्ग की विविधता कहा जा सकता है। सीधे दिल्ली या बंबई के जरिए मद्रास पहुंचा जा सकता है। इसमें साधनों की विविधता भी हो सकती है। मद्रास या तो दूरस्थ कोएक्सियल लाइनों के जरिए अथवा सूक्ष्मतरंग प्रणाली के जरिए पहुंचा जा सकता है। खराबी आने की स्थिति में किसी एक प्रणाली द्वारा दूसरी प्रणाली के परियात को संभालने का प्रावधान भी हो सकता है। तीसरे प्रकार की विविधता, वैकल्पिक स्विचित सेवा हो सकती है जिसमें कॉल स्वतः ही वैकल्पिक मार्गों के माध्यम से स्विचित होंगे।

परियात को ले जाने हेतु उपस्कर का प्रावधान करने में दूरसंचार इंजीनियर कुछ

सांख्यकीय संभावना को भी ध्यान में रखते हैं।

सेवा के स्तर का जिसका कि परिणाम, स्विचन नेटवर्क में, दिये गये परियात भार को लागू करने पर निकलता है, मूल्यांकन करने हेतु संभाव्यता का सिद्धांत लागू किया जाता है। परियात भार की इकाई 'एर्लांग' कहलाती है, जिसका नामकरण, परियात प्रवाह के सिद्धांत के अग्रदूतों में से एक डेनमार्क के निवासी ए. के. एर्लांग के नाम पर हुआ है। एक 'एर्लांग' उस परियात भार को कहते हैं जिसमें एक छोर से, दूसरे छोर पर के कॉल, पथ को निरंतर व्यस्त रखते हैं। प्रचालन के लिए नेटवर्क को अनुमानित अथवा पूर्वानुमानित भार के तहत नियोजित किया जाता है। यों कहें कि 1,000 कॉलों के लिए उपस्कर का नियोजन ऐसा है कि पहले प्रयास से 100 कॉलों में एक कॉल असफल होगा। हम यह मान लें कि दिल्ली और बंबई के बीच सर्वाधिक व्यस्तता के दौरान, प्रथम प्रयास में 100 में से 1 कॉल असफल होने की संभावना से युक्त प्रतिघंटा 1,000 कॉलों के भारण 120 परिपथों की जरूरत पड़ती है। यदि दिल्ली-बंबई के सीधे मार्ग पर 800 कॉल ले जाना तय होता तो शेष 200 कॉल परोक्ष मार्ग से यानी यों समझें कि दिल्ली से पूना और वहां से बंबई ले जाये जा सकते हैं।

दूसरे शब्दों में, यदि सभी तीनों मार्गों पर 1,000 कॉलों को सीधे पहुंचना है तो इनमें से प्रत्येक मार्ग पर (दिल्ली-बंबई, बंबई–पूना और दिल्ली से पूना) 120 परिपथ होने चाहिए। दूसरी ओर प्रत्येक मार्ग पर यदि 200 कालों का अतिरेक वैकल्पिक मार्गों पर भेजा जा सकता है तो संभवतः तीनों मार्गों में से प्रत्येक मार्ग पर 110 परिपथ पर्याप्त होंगे। किसी स्विचित विविधता प्रणाली में गंतव्य तक कॉल ज्यादा से ज्यादा तीन भिन्न मार्गों से जा सकते हैं।

दूसरे मार्गों से आने वाली कॉल प्रणाली जो मार्ग बदलकर भेजे गए कॉलों को ग्रहण करती है; के भार को और बढ़ाएंगे। कभी कभी इसके परिणामस्वरूप इसमें इतनी अधिक वृद्धि हो सकती है कि प्रणाली पूरी तरह ठप्प हो सकती है। इसलिए अंतर्निर्मित सुरक्षा उपाय आवश्यक होते हैं।

कुछ ट्रेड-ऑफ्स

नेटवर्क डिजाइनरों को प्रणाली के डिजाइन में ऐसे अनेक ट्रेड-ऑफ पर भी विचार करना होता है जो चैनल की क्षमता को प्रभावित करते हैं । प्रथम तो एक ट्रेड-ऑफ संकेतों की संख्या के बीच होता है जो किसी चैनल और उनके विघटन की जटिलता में समाविष्ट किया जा सकता है। उदाहरण के लिए टेलीफोन के स्वर को प्रति सेकेंड 64,000 बिट (सी. सी. आई. टी. टी. के मानक के अनुसार) में अंकीकृत किया जा सकता है किंतु कहीं अधिक जटिल कूट प्रणाली के साथ (जैसे डेल्टा मॉड्युलेशन),

स्वर को प्रति सेकेंड बिट की सामान्य संख्या से आधे में प्रेषित किया जा सकता है और अधिक चैनलों के लिए 'बैंडविड्थ' की बचत की जा सकती है बशर्ते हम इलेक्ट्रॉनिक युक्तियों के विकूटन की जटिलता के लिए भुगतने हेतु तैयार हों। द्वितीय, अलग अलग मल्टीप्लेक्सन और स्विचन चैनलों के बीच परस्पर संबंध होता है। यदि अधिक चैनलों को मल्टीप्लेक्सित किया जा सकता हो तो नेटवर्क पर उच्च ट्रंक क्षमता के लिए कम स्विचन केंद्रों की जरूरत पड़ेगी। टेलीफोन नेटवर्क में बिना मल्टीप्लेक्सन के प्रत्येक उपभोक्ता को जोड़ने से स्थानीय परिपथों की संकेंद्रक के जो कि अनेक कॉल करने वालों को तारों के एक युग्म पर भेजे जाने वाले संकेतों को भेजता है, के प्रयोग द्वारा घटाया जा सकता है। तृतीय, चैनल क्षमता वितरित भंडार से प्रतिलोमतः जुड़ी होती है क्योंकि डाटा संचित करने के लिए केंद्रों की काफी बड़ी संख्या के कारण एक केंद्रीय बिंदु से डाटा प्राप्त करने की आवश्यकता से बचाती है। इसी प्रकार, सूक्ष्म संसाधनों (माइक्रो प्रोसेसर) ने विस्तृत क्षेत्र में अत्यंत तेज टर्मिनल बिछा देना संभव बना दिया है ताकि डाटा संप्रेषण चैनलों की संख्या घटायी जा सके। चतुर्थ, यदि वास्तविक समय परियात को रियल टाइम ट्रैफिक टेलीफोन की बातचीत में (अवास्तविक समय परियात) नॉन रियल टाइम ट्रैफिक (जैसे कंप्यूटर डाटा) के साथ मिलाया जा सके तो चैनल प्रयोग में सुधार होगा। अन्यथा चैनल क्षमता नष्ट होती है यदि चैनल काम में न आये और टेलीफोन संपर्कों द्वारा उनका उपयोग न हो, उदाहरण के लिए, जब टेलीफोन व्यवस्था के लिए चैनलों की अधिक मांग नहीं होती तब डाटा भेजना मितव्ययतापूर्ण होगा। (जैसा कि दिन के प्रारंभिक घंटों में होता है।)

भारतीय नेटवर्क

भारतीय दूरसंचार नेटवर्क उन्नत देशों की तुलना में सापेक्षतया संतुलित है किंतु इससे ऊंची विकास दर होने की संभावना है। वर्तमान में 30 लाख से भी अधिक टेलीफोन हैं; सन् 1990 के दशक में इसके 1 करोड़ 80 लाख तक पहुंचने का अनुमान है। इस नेटवर्क की कुछ विशेषताएं नोट करने लायक हैं। नयी दिल्ली, बंबई, कलकत्ता और मद्रास, इन चार शहरों की टेलीफोन लाइनें देश की टेलीफोन लाइनों के लगभग एक तिहाई के बराबर हैं। टेलीफोन एक्सचेंज की दो तिहाई क्षमता उन एक्सचेंजों के हिस्से की है जिनमें प्रत्येक की 1,000 लाइनें हैं।

इस नेटवर्क में सेवाएं बड़ी तादाद में स्ट्रॉजर एक्सचेंजों द्वारा प्रदान की जाती है। इसके बाद दूसरे नंबर पर क्रॉसबार और कुछ इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज आते हैं। ग्राम क्षेत्र में सेवाएं प्रदान करने वाले लघु एक्सचेंज काफी बड़ी संख्या में हैं। सबसे छोटी इकाई ग्राम क्षेत्र में 25 लाइनों का स्वचालित एक्सचेंज है। ऐसे अनेक एक्सचेंज पार्श्व के हस्तचालित एक्सचेंजों से जुड़े हुए हैं। शहरी एक्सचेंजों में संकुलन की समस्या

से निपटने के अलावा बड़ा काम है ग्रामीण क्षेत्र के लिए पर्याप्त और प्रभावी प्रणाली प्रदान करना। देश के 5,75,936 गांवों के 90 प्रतिशत से अधिक गांवों में 2,000 से कम की आबादी है। स्थानीय एक्सचेंजों का लगभग 85 प्रतिशत (इनमें से अधिकतर की क्षमता 2,000 लाइनें और इससे कम की है) छोटे नगरों और लगभग 9,000 गांवों में लंबी दूरी के सार्वजनिक टेलीफोनों के साथ अवस्थित हैं, हालांकि यह कुल स्थानीय एक्सचेंज लाइनों के 20 प्रतिशत से कम है। इसके सर्वथा विपरीत बड़े शहरी एक्सचेंजों में 10,000 तक लाइनें हैं और स्थानीय कॉल 20 कि. मी. तक पहुंच सकते हैं।

नेटवर्क अधिकांशतया एनालॉग है और टेलीफोन एक्सचेंज लगभग विद्युतयांत्रिकीय है। यद्यपि प्रशासन की प्रथम वरीयता आधारभूत टेलीफोन सेवा प्रदान करना है, यह नेटवर्क सोपानों में अंकीय रूप में परिवर्तित कर दिया जायेगा। प्रथम वृहत अंकीय एक्सचेंज सन् 1985 में चालू किया गया था। ऐसा अनुमान है कि सन् 1995 तक यह नेटवर्क प्रमुख रूप से अंकीय बन जायेगा क्योंकि अनुमान है कि नयी फैक्ट्रियां अंकीय एक्सचेंज लाइनों का उत्पादन शुरू कर देंगी।

भारत में अंकीय उपस्कर के उत्पादन के साथ विद्युत यांत्रिकीय उपस्कर विकसित किये जायेंगे। बड़े शहरों के नेटवर्क का विस्तार केवल अंकीय एक्सचेंजों के माध्यम से किया जायेगा। कोई नया स्ट्राजर या क्रॉसबार उपस्कर प्रारंभ नहीं किया जायेगा। सेवाओं की गुणवत्ता के साथ बगैर समझौता किये निवेश का पूरा पूरा लाभ प्राप्त करना इसका अभिप्रेत था। हस्तचालित एक्सचेंजों को अंकीय उपस्कर द्वारा स्वचालित बनाया जायेगा।

अंकीय उपस्कर को प्रारंभ करने के लिए नेटवर्क की योजनाओं को संशोधित करने की आवश्यकता है। संख्यांकन और शुल्क की योजनाओं को सुधारने की आवश्यकता है। अंकीय मार्गयोजना में मूलभूत अस्तित्व 305 जिला मुख्यालयों के प्रत्येक एक्सचेंज का है। इन क्षेत्रों का पचहत्तर प्रतिशत में टेलीफोन का घनत्व तीन के राष्ट्रीय औसत के विरुद्ध प्रति 100 व्यक्तियों पर दो टेलीफोनों से भी कम है।

मौजूदा उपस्कर की सेवा अवधि और मौजूदा एनालॉग नेटवर्क की अंतःक्रिया की समस्याओं को देखते हुए सभी गौण क्षेत्रों (जिलों) के पूरी तरह अंकीकरण से पूर्व 15 से 20 वर्ष के संक्रांति काल की कल्पना की जाती है। लघु डिजिटल एक्सचेंजों (100 से 1,000 लाइनें) को गौण केंद्रों के डिजिटल एक्सचेंजों से जोड़ने हेतु डिजिटल-एनालॉग परिवर्तन अपेक्षित है क्योंकि प्रारंभिक संप्रेषण माध्यम एनालॉग है। बड़े शहरों के नेटवर्क के लिए पृथक योजना बनायी जायेगी। शहरों के भीतर भी, एक्सचेंजों के बीच भूमिगत ताम्र केबिलों का भी अधिक उपयोग किया जायेगा। इस उद्देश्य के लिए पल्स कोड मॉड्युलेशन (जो मौजूदा केबिल की संप्रेषण क्षमता का विस्तार करता है।) बड़े पैमाने पर प्रारंभ किया जायेगा। प्रकाशकीय तंतु और सूक्ष्मतरंग प्रणालियों की

आयोजना भी, अंत: एक्सचेंज केबिलों की क्षमता की पूरक होने और डिजिटल नेटवर्क की शुरुआत में सहायता प्रदान करने के लिए की जाती है। ऐसा नेटवर्क पूरी तरह अंकीय होगा किंतु केवल तभी, जब लंबी दूरी के मीडिया सहित संप्रेषण प्रणाली को अंकीय बना दिया जाये। प्रयास चल रहे हैं, अनुसंधान हो रहे हैं अंकीय सूक्ष्मतरंग और कोएक्सियल प्रणाली लागू करने हेतु क्योंकि वर्तमान लंबी दूरी के मीडिया पूरी तरह एनालॉग हैं। मौजूदा प्राथमिक और सेकेंडरी स्तर पर मध्यवर्ती एक्सचेंजों में भी सभी परिवर्धन अंकीय होंगे।

हांलाकि एनालॉग उपस्कर को प्रारंभ करने की योजना बन गयी है, अंकीय नेटवर्क के लिए अपेक्षित ज्ञान हासिल करना शेष है। भारतीय दूरसंचार अनुसंधान केंद्र (टी. आर. सी.) में अंकीय प्रणाली जैसे डिजिटल मल्टीप्लेक्स ने उपस्कर, उच्च क्षमता युक्त डिजिटल संप्रेषण मीडिया, अंकीय कोएक्सियल प्रणाली, प्रकाशीय तंतु प्रणाली और उच्च क्षमता युक्त अंकीय सूक्ष्म तरंग प्रणाली के विकास को हाथ में ले लिया है।

स्विचन के क्षेत्र में दू. अ. के. (टी. आर. सी.) की गतिविधियों में इलेक्ट्रॉनिक डाटा सेवाएं, नियोजन कंप्यूटर नेटवर्क ग्राम अनुप्रयोगों के इलेक्ट्रॉनिक लघु क्षमता एक्सचेंज शामिल हैं। दू. अ. के. ने, फ्रांस की सिट अॅल्काटल द्वारा ई. आई. ओ. बी. प्रकार की इलेक्ट्रॉनिक स्विचन प्रणालियों को लागू करने में तकनीकी सहायता प्रदान की है।

अध्ययनगत अथवा लागू होने वाली नयी प्रयोजनाओं में नगर एवं ग्रामीण अनुप्रयोगों के लिए उपग्रह प्रौद्योगिकियां, अनुकृति, वीडियो संप्रेषण सहित विविध प्रकार के डाटा को वहन करने वाला अंकीय नेटवर्क चलित संचार एवं पेजिंग सेवाएं शामिल हैं। देश के विभिन्न भागों में 10 गि. हट्र्ज से ऊपर की आवृतियों पर रेडियो संपर्क परीक्षण के लिए वर्षा क्षीण विषयक अध्ययन करने की योजना बनायी गयी है। तार नेटवर्क के लिए आधुनिकीकरण की योजना बनाई गयी है। उत्तर-पूर्वी क्षेत्र में उपग्रह पर आधारित तार नेटवर्क पर भी अध्ययन किये गये थे।

नयी दिल्ली स्थित दूरसंचार अनुसंधान केंद्र के अतिरिक्त देश में अन्य बड़ी निर्माण इकाइयों के अपने प्रौद्योगिकी विकास समूह हैं। इंडियन टेलिफोन इंडस्ट्रीज लिमिटेड, जो कि दूरसंचार उपस्कर के प्रमुख निर्माता हैं, की अपनी अनुसंधान एवं विकास यूनिटें बंगलौर और नैनी में हैं। विभिन्न प्रकार के रेडियो संचार उपस्कर बनाने वाले भारत इलेक्ट्रॉनिक्स लिमिटेड में भी इसी प्रकार की यूनिटें हैं। कलकत्ता, जबलपुर स्थित डाक-तार की दूरसंचार फैक्ट्रियां तथा इलेक्ट्रॉनिक कॉर्पोरेशन आफ इंडिया लिमिटेड, हैदराबाद अपनी अनुसंधान एवं विकास यूनिटों का विस्तार कर रही हैं। विभिन्न राज्यों के इलेक्ट्रॉनिक कार्पोरेशन भी विकास कार्य कर रहे हैं।

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) ने अपने अहमदाबाद स्थित उपग्रह अनुप्रयोग केंद्र के सौजन्य से उपग्रह संचार के क्षेत्र में अपना स्थान बना लिया है। बंबई स्थित मौलिक अनुसंधान के टाटा संस्थान के पास डिजिटल स्विचन के कार्यक्रम हैं। नयी दिल्ली स्थित राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला तथा पिलानी स्थित केंद्रीय इलेक्ट्रॉनिक इंजीनियरी अनुसंधान संस्थान ने दूरसंचार के लिए पुर्जों और युक्तिओं के लिए अग्रणी कार्य किया है।

शैक्षणिक संस्थाएं भी दूरसंचार प्रौद्योगिकी के लिए उपर्युक्त अनुसंधान कार्य कर रही हैं। इनमें दिल्ली, कानपुर, खड़गपुर और मद्रास स्थित भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, बंगलौर स्थित भारतीय विज्ञान संस्थान, पिलानी स्थित बिड़ला प्रौद्योगिकी संस्थान तथा रुड़की विश्वविद्यालय शामिल हैं।

स्वदेशी कार्य के परिणामस्वरूप कुछ नयी सेवाएं बढ़ायी गयी हैं। इनमें राष्ट्रीय स्वचालित टेलेक्स, स्थल से स्थल तक उ. ट्रं. डा., स्ट्रॉजर और क्रॉस बार एक्सचेंजों से 'एड–ऑन' उपस्कर युक्त राष्ट्रीय उपभोक्ता डायलन शामिल हैं। संप्रेषण, स्विचन तथा उपग्रह संचार के क्षेत्रों में नयी तकनीकों को आजमाया जा रहा है। ऐसे प्रयोगों में प्रकाशीय तंतुक प्रणाली डिजिटल सूक्ष्म प्रणाली तथा इलेक्ट्रॉनिकी स्विचन शामिल हैं।

वर्तमान ग्रामीण दूरसंचार में मुख्यतः ओपन वायर लाईन कैरियर सहित अथवा रहित, क्रमवार लधु स्वचालित एक्सचेंज तथा करचल ट्रंक एक्सचेंज शामिल होतें हैं। विभिन्न जलवायु अवस्थाओं के अतिरिक्त अनेक समस्यायें हैं इनमें से एक समस्या पॉवर की है; इसकी आपूर्ति अनेक क्षेत्रों में अस्थिर है। हो सकता है एक निश्चित अवधि में सौर ऊर्जा से इसका हल निकल सके। एक अन्य कठिनाई प्रशिक्षित रख-रखाव कार्मिकों से संबंधित है। इन कठिनाइयों तथा अन्य कारणों से अधिक व्यय होने के बावजूद ग्रामीण क्षेत्रों में इसके समाधान के लिए पूर्व स्वचालन अपेक्षित है। इस विशेषता को ध्यान में रखते हुए कि ग्रामीण क्षेत्रों में 50 से 75 प्रतिशत ट्रंक परियात छोटी दूरियों वाले परियात हैं जो एक जिले के भीतर ही समाप्त हो जाता है। ट्रंक सेवा प्रदान करने के लिए एक योजना तैयार की गयी है। करचल के आधार पर इस परियात को संचालित करने की लागत अर्जित होने वाले राजस्व से अधिक पड़ती है। कम लागत पर श्रेष्ठतर सेवा प्रदान करने के लिए जिले के भीतर ही स्वचालित सेवा का प्रावधान किया जा सकता है। इस उद्देश्य के लिए कुछ योजनाएं तैयार की गयी हैं। अनुसंधान एवं विकास के लिए और अधिक प्रयास किये जाने आवश्यक हैं।

एक अन्य स्रोत जिसमें, अनुसंधान और विकास की नाजुक भूमिका होती है, निर्यात का है। वर्तमान में भारतीय दूरसंचार उपस्कर निर्यात इस क्षेत्र में होने वाले कुल उत्पादन

का केवल 2 से 3 प्रतिशत तक है। अतः दूरसंचार संघ के माध्यम से अन्य विकासशील देशों को उच्च तकनीकी सहायता प्रदान करने वाले देशों में भारत का नंबर दूसरा है। इस देश में कुशल श्रमशक्ति बड़े पैमाने पर आरक्षित है और अधिक अनुसंधान एवं विकास से, समुद्र पार के बाजार को देखते हुए अधिक क्षमता वाले उपस्कर बनाये जा सकते हैं। हाल ही में भारत सरकार ने डाक-तार बोर्ड के अधीन 'टेलिकम्युनिकेशन कनसलटेंट्स' लिमिटेड का गठन किया है। यह विकासशील देशों में दायित्वपूर्ण परियोजनाएं हाथ में ले सकता है।

देश में भी व्यावसायिक स्तर के घटकों की बड़ी संख्या में आवश्यकता है इनके आयात से उन्नति की गति पर असर पड़ता है और अधिक तथा श्रेष्ठतर परीक्षण सुविधाओं की भी आवश्यकता होगी। रकम इतनी बढ़ी है कि तीन करोड़ प्रारंभिक उत्पादन मूल्य के उपस्कर अब एक अरब में मिलने लगे। टेलिफोन सेवा के लिए मांग बढ़ती जा रही है।

इस चुनौती का सामना करने के लिए, इस कार्य में लगे कर्मियों के तकनीकी ज्ञान के स्तर को ऊंचा उठाना है। डाकतार विभाग में 2 लाख से अधिक कर्मचारी काम करते हैं। रेलवे और रक्षा को छोड़कर यह सबसे बड़ा एक ही नियोक्ता हैं इसमें प्रतिवर्ष 15,000 या इससे अधिक नये कर्मचारियों का प्रशिक्षण शामिल है। देश में विभिन्न स्थानों पर 25 प्रतिशत केंद्र हैं। ये प्रशिक्षण केंद्र 12,000 कर्मचारियों को प्रशिक्षण देते हैं। इसके अतिरिक्त लगभग 3,000 पर्यवेक्षी स्टाफ के प्रशिक्षण के लिए 4 क्षेत्रीय प्रशिक्षण केंद्र हैं। प्रबंध स्तर पर प्राथमिक प्रशिक्षण जबलपुर स्थित दूरसंचार प्रशिक्षण केंद्र में तथा सेवा कालीन प्रशिक्षण नयी दिल्ली के उच्च स्तरीय दूरसंचार प्रशिक्षण केंद्र में दिया जाता है। प्रशिक्षण की नयी विधियां विकसित की जाती हैं ताकि अधिक प्रभावी तथा कम समय वाली पद्धतियां अपनायी जा सकें।

भाग—4

नयी सेवाएं

17

चलित फोन

गतिशील संचार व्यवस्था की शुरुआत काफी उत्तेजक रही। स्वयं मार्कोनी ने सन्1898 में चलते-फिरते रेडियो को प्रदर्शित किया जिस समय उसने एक अखबार के लिए एक नाव से नौका दौड़ की रिपोर्ट दी। बेतार की तार व्यवस्था ऊंचे समुद्र में एक जहाज से लोकरंजक कल्पना में आयी जब सन् 1910 में एक अपराधी, जहाज के कप्तान द्वारा गुप्त संदेश भेजने पर जहाज में चढ़ते समय गिरफ्तार किया गया। चलित फोन-संपर्क के प्रचालन के जर्मनी में हुए प्रथम प्रयास की जानकारी सन् 1926 में मिली। स्वचालित वाहनों से रेडियो तरंगों का प्रयास सन्1920 के दशक में हुआ। दूसरे विश्व युद्ध के दौरान रेडियो तरंगों की आवृति महाड्युलेशन नॉररमेन्डी में मित्र सेनाओं द्वारा विश्वसनीय पाया गया। युद्ध के बाद, सॉलिड स्टेट युक्तियों ने निर्वात नलियों का स्थान ले लिया इससे गतिशील संचार युक्तियों का आकार और वजन घट गया।

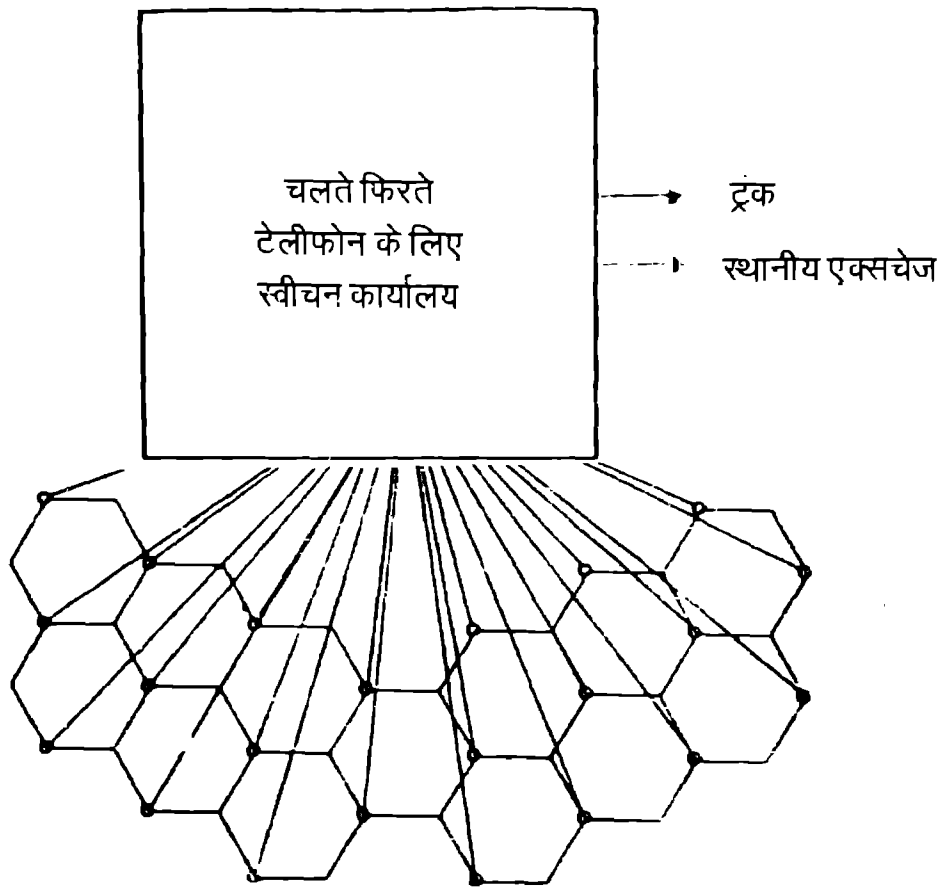
अधिकतर द्विपथी चलित रेडियो प्रणालियां (वॉकी-टॉकीज) 'सिंप्लैक्स' है और इसलिए व्यक्ति को बोलने से पूर्व पुश-टू-टॉक बटन प्रचालित करना होता है। सामान्यतया गतिशील संचार का क्षेत्र सीमित होता है। आवृत्ति-पेक्ट्रम (सामान्यतया वी. एच. एफ. और यू. एच. एफ.) सीमित होता है किंतु इसके उपयोग बढ़ रहे हैं। उदाहरण के लिए रिमोट कंट्रोल द्वारा मशीनों के प्रचालन के लिए भी रेडियो का उपयोग होता है।

अ. उ. आ. (वी. एच. एफ.) क्षेत्र गतिशील संचार साधनों के लिए एकदम उपयुक्त है क्योंकि यू. एच. एफ. तरंगों द्वारा विकिरित ऊर्जा, वी. एच. एफ. संप्रेषण की अपेक्षा अतिशीघ्र क्षीण हो जाती है। वी. एच. एफ. के लाभों का अनुभव हो जाने के बाद ही चलित रेडियो के प्रयोग में अच्छी प्रगति हो सकी। आज, टैक्सियों, पुलिस एंबुलेन्स, अग्निशमन वाहन और बढ़ती हुई कई सेवाएं (निजी और सार्वजनिक) रेडियो टेलीफोन से लैस हैं। प्रथम वाणिज्यिक टेलीफोन सेवा सन् 1946 में सेंटलुई में शुरू हुई थी। इसने चलते फिरते वाहनों को टेलीफोन नेटवर्क से जोड़ा। संयुक्त राज्य में सन्1940

के दशक से, रेल सड़क और सरिता वाहन रेडियो उपयोग कर रहे हैं। यू. के. में एक गतिशील सेवा लोगों को अपनी कारों में फोनकॉल करने और प्राप्त करने की सुविधाएं प्रदान करती है। ग्राहक जब रेडियो फोन सेवा क्षेत्रों के दायरे में होते हैं तो वे इस सेवा का उपयोग कर सकते हैं। उपभोक्ता यू. के. के साथ साथ अंतर्राष्ट्रीय ट्रंक डायलन पर किसी भी टेलीफोन के लिए अपनी कारों से सीधे नंबर डायल कर सकते हैं।

यू. के. कॉल कारों में भी प्राप्त हो सकते हैं। जापान, यू. एस. ए. और स्वीडन सहित अनेक देशों में ऐसी ही सुविधा उपलब्ध है। भारत में भी सीमित रूप में चलते फिरते टेलीफोन उपयोग में आ रहे हैं। जबकि चलते-फिरते प्रयोक्ताओं द्वारा जहां नगर क्षेत्रों में सेल्युलर रेडियो और टेलीफोन की मांग बढ़ेगी, यह तकनीक अधिक विश्वसनीयता के साथ निर्धारित ढंग से भारत के गांवों को सेवाएं उपलब्ध करा सकती है।

सैलों का छत्ता

चलित फोन के उपयोग को दूर दूर तक बाधित करने वाली समस्या थी रेडियो आवृतियों की कमी। प्रायः किसी महानगरीय क्षेत्र में एक अधिक शक्ति पर आधारित स्टेशन पूरे शहर और उसके उपनगरों को सेवाएं प्रदान कर सकता है और प्रत्येक चैनल एक बार में केवल एक सैल को संभाल सकता है। यह प्रणाली ट्रांसमीटर और रिसीवर सार्वजनिक वायरलाइन टेलीफोन नेटवर्क से जुड़े कम शक्ति पर निर्भर स्टेशन का प्रयोग करते हुए समस्या का हल करने के लिए होती है। सैल्युलर टेलीफोनों के लिए उपस्करित प्रत्येक क्षेत्र भौगोलिक क्षेत्रों अथवा सैलों के छत्तों में विभाजित रहेगा जिसमें से प्रत्येक का अपना ट्रांसमीटर और रिसीवर होगा और एक कंप्यूटर नियंत्रक (चित्र 37) होगा। जब कोई 'सैल' अपनी क्षमता का पूरा उपयोग कर लेता है तो वह पुनः विभाजित हो जाता है और नये सैल उत्पन्न हो जाते हैं। व्याघात से बचने के उद्देश्य से पड़ोसी सैलों की आवृतियां भिन्न-भिन्न होंगी किंतु लंबी दूरी से पृथक हुए सैल एक ही आवृति का उपयोग कर सकते हैं। आने वाले टेलीफोनकर्त्ताओं के लिए रेडियो चैनल कंप्यूटरों द्वारा आवंटित होते हैं। कंप्यूटर निर्देशों के जरिए आबद्ध टेलीफोनों तक भी पहुंचा जा सकता है। सैलों को विभाजित करके एक कैरियर एक क्षेत्र में 1,00,000 से अधिक ग्राहकों को सेवाएं प्रदान कर सकता है। यह प्रणाली 800 और 900 मे. हट्‌र्ज के इर्दगिर्द प्रचालित होती है जो सेल्यूलर सेवा से आंवटित होते हैं। इस प्रणाली का डाटा संसाधन उपस्कर बेस स्टेशन तय करता है जो कॉलों को संभालेगा और प्रत्येक आवृति का पुनरावंटन करेगा।

चित्र-37 सेल्युलर चलता फिरता रेडियो टेलीफोन: एक प्रदेश को छत्तों (सैल) में विभाजित किया जाता है और प्रत्येक अपने पड़ोस भिन्न आवृति का उपयोग करता है। प्रत्येक सैल में एक रेडियो स्टेशन होता है जो चलते फिरते स्विचन कार्यालय से जुड़ा होता है। जब कोई कार आवृति को पकड़ लेती है तो स्टेशन दूसरों को एक अन्य आवृति आवंटित कर देता है। जब कार दूसरे सैल में प्रवेश करती है तो उसे स्वतः ही भिन्न आवृति आवंटित हो जाती है।

प्राइवेट प्रयोक्ताओं के लिए हवा से जमीन की संचार व्यवस्था भी संभव है। उदाहरण के लिए जापान एक वैमानिक सार्वजनिक टेलीफोन प्रणाली के लिए पूर्णतया स्वचालित सीधा डायल प्रचालन विकसित कर रहा है। कतिपय उन देशों जैसी, एक पूर्णतया स्वचालित तटीय समुद्रवर्ती टेलीफ़ोन सेवा भी जापान में उपलब्ध करायी गयी। हाल ही में कुछ एयर लाइनों में 'आकाशफोन' प्रारंभ किये गये हैं।

पेजिंग पिपुल

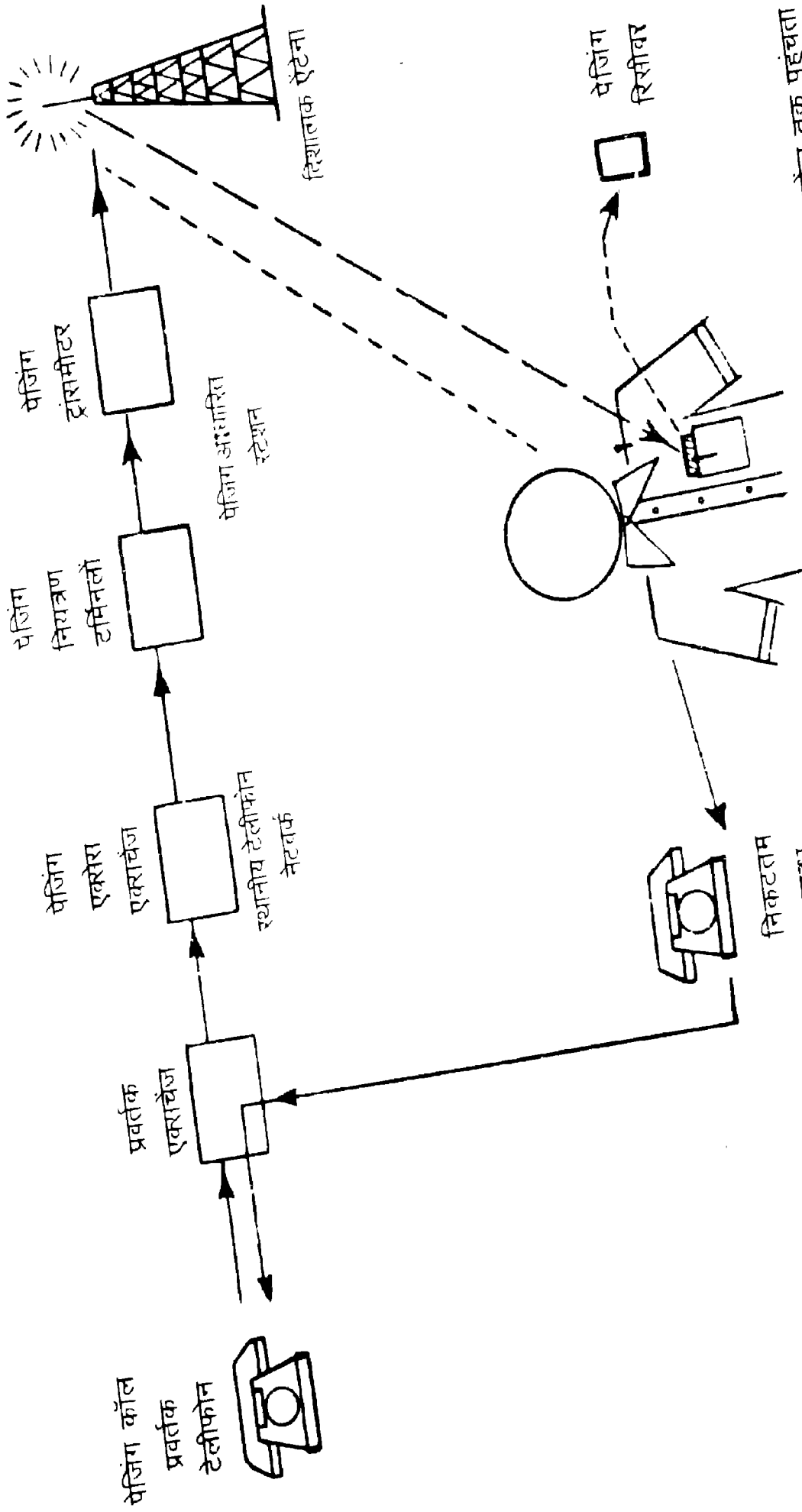
एक नवीनतम प्रयोग में यात्रारत लोगों के आपसी संपर्क के लिए चलित युक्तियों का उपयोग होता है। डाक्टरों, सेल्समैनों, रिपोर्टरों और फील्ड इंजीनियरों जैसे लोगों से संपर्क करने के लिए उपयोगी। जब वे अपने फोन से दूर हों तो उस समय उनकी जेब में एक उपकरण रहता है। उन्हें यह सूचित करने के लिए कि उनकी आवश्यकता है, इस युक्ति को दूरस्थ नियंत्रण द्वारा प्रचालित किया जा सकता है। जिस प्रणाली के द्वारा ऐसी सेवा प्रदान की जाती है, उसे रेडियो पेजिंग कहते हैं।

इसकी व्यवस्था में एकमार्गी चयनित संकेतन का प्रावधान होता है। जो भी व्यक्ति रेडियो पेजिंग के उपभोक्ता को संदेश देना चाहता है उसे पहले प्रवेश नंबर और उसके तुरंत बाद उपभोक्ता को नियत पेजिंग नंबर डायल करना चाहिए। तब तक नियंत्रण टर्मिनल कॉल लगाने के लिए कार्यवाही करता है और ट्रांसमीटर के माध्यम से पेजिंग नंबर के लिए आह्वान-सुर भेजता है। तब जिस रिसीवर के लिए संदेश होता है, वह सुर पकड़ लेता है और 'बीप बीप' का संकेत करता है। तब पुकारित उपभोक्ता निकटतम टेलीफोन पर पहुचंने हेतु पूर्व नियोजित कदम उठाता है और वहां से अपने दफ्तर या घर से संपर्क करता है। (चित्र 38 देखें)।

बाह्य प्रचालनों में 150 मे. हट्र्ज की कैरियर आवृति उपयुक्त पायी गयी है। यह पाया गया कि इस आवृति पर, निचली आवृतियों की अपेक्षा अति उच्च आवृति तरंगें इमारतों में भी बिना अधिक क्षति के, प्रविष्ट हो जाती हैं। अस्पतालों जैसे सीमित क्षेत्रों में पेजिंग को निचली आवृतियों में प्रचालित किया जा सकता है।

कैरियर आवृति, स्वर आवृति के, एक के बाद दूसरे सुर द्वारा मॉडुलित होती है। दो सुरों का संयोजन डायल किये गये नंबर को पहचानता है। स्वर आवृति में 300 हट्र्ज से 3,400 हट्र्ज और 100 सुरों तक के सैट उपलब्ध होते हैं। अतः दस हजार संयोजन संभव है और बहुत से लोगों को सुविधाएं प्रदान की जा सकती है। पेजिंग प्रणाली में वाक् व्यवस्था नहीं होती है अतः इसमें आवृति स्पेक्ट्रम में कम जगह घिरती है। नियंत्रण टर्मिनल डायल किये गये नंबरों को प्राप्त करता और उन्हें जमा करता है और एक अनुवादक डायलित नंबरों की प्रामाणिकता मालूम करके वांछित नंबरों के लिए उपयुक्त सुर-संयोजन का चयन करता है। बहुत उच्च आवृति संकेतों को तो सभी रिसीवर पकड़ सकेंगे जबकि रिसीवर में लगा, सुर-फिल्टर केवल सुर विशेष को गुजरने देगा और बाकी सुरों को अस्वीकार कर देगा।

रिसीवर में कॉलों को संग्रहित करने और बटन दबाने पर ही प्राप्तकर्ता तक पहुंचाने का प्रावधान भी हो सकता है। यह सुविधा डॉक्टरों के लिए उपयोगी है क्योंकि रोगी की जांच करते समय शायद वह कॉल प्राप्त करना पसंद न करे। इसी में सामूहिक चेतावनी देने की व्यवस्था भी हो सकती है जिसे उस क्षण लगने वाले चुनिंदा कॉलों की अपेक्षा वरीयता मिलेगी और पुलिस व मरम्मतकर्ताओं जैसे चयनित लोगों को सावधान कर दिया जायेगा।

टर्मिनल तीन भिन्न भिन्न पद्धतियों से प्रचालित हो सकता है हस्तचालित, अर्ध-स्वचालित एवं स्वचालित। हस्तचालित पद्धति में एक ऑपरेटर डायलित नंबर के लिए सुर पहचानने हेतु अनुवाद चार्ट को स्कैन करेगा और सुरों को संप्रेषित करने के लिए कुंजियां प्रचालित करेगा। सेवित उपभोक्ता घंटी देकर ऑपरेटर से सूचना प्राप्त कर

चित्र-38 रेडियो पेजिंग चलते फिरते लोगों को चेतावनी देने की एक पद्धति है। नेटवर्क में पेजिंग एक्सचेंज तक पहुंचता है और (डायल किया हुआ नंबर के रूप में) उसके अनुरोध पर कार्यवाही की जाती है फिर व्यक्ति द्वारा साथ लिए हुए पेजिंग रिसीवर से संपर्क करने हेतु उसका अनुरोध संप्रेषित किया जाता है। पेजिंग रिसीवर का धारक विस्तृत जानकारी प्राप्त करने के लिए निकटतम टेलीफोन पर जाता है।

सकता है। अर्ध स्वचालित पद्धति में ऑपरेटर किसी उपभोक्ता को आह्वान करने के लिए अंतिम तीन अंक डायल करता है, और ज्यों ही वह डायल करता है सूचना स्वतः ही सुरों में परिवर्तित हो जाती है।

स्वचालित पद्धति बिना ऑपरेटर के ही टर्मिनल तक पहुंच जाती है। जब केवल-स्वर (टोन-ऑनली) पेजर मात्र संकेत देता है तभी स्वर पेजर को अनुकरण करने की अनुमति देता है। ब्लीपरों में दो स्पष्टतया पहचाने जाने वाले ब्लीप स्वर हो सकते हैं जो संकेत देते हैं कि कॉल घर से है अथवा कार्यालय से। अतिरिक्त सुविधा द्वितीय संबोधन कहलाती है। उसमें दो से अधिक ब्लीप स्वर भी संभव हैं।

रेडियो पेजिंग सेवा न्यूयार्क में सन् 1951 में प्रारंभ हुई। सन् 1970 से पेजिंग उपभोक्ता को सावधान करने यहां तक कि छोटा मोटा संदेश देने के लिए उसका पेजिंग नंबर डायल करके सीधे किसी भी भूमि लाइन टेलीफोन से संपर्क कर पाना भी संभव हो गया। हाथ की घड़ी के नाम का ब्लीपर विकासाधीन है।

रेडियो-पेजिंग सेवा लंदन में सन् 1977 में प्रारंभ की गयी थी। लंदन में पेजरों के लिए कॉल ब्रिटेन में कहीं से भी किये जा सकते हैं और वह भी अधिकतर कॉल सीधे डायल घुमाकर। कंपयूटर-चालित केंद्रीय स्टेशन मांगे गये ब्लीपर का स्विच ऑन कर देता है, जब बुलाया गया व्यक्ति स्वीकार कर ली गयी कॉल संबंधी घोषणा सुनता है। अंग प्रत्यारोपण के लिए प्रतीक्षा कर रहे रोगी, उन्हें निःशुल्क दिये गये रेडियो पेजर के जरिए अपने अस्पतालों के निरंतर संपर्क में रहते हैं।

जापान ने रेडियो पेजिंग (150 मे. हट्र्ज) सन् 1968 में शुरू की। सन् 1978 से उसने सेवा में सुधार करने हेतु 250 मे. हट्र्ज बैंड का प्रयोग किया है। वहां उपभोक्ताओं की संख्या लगभग बीस लाख तक पहुंच गयी है। संकेतन अंकीय है और आवृति स्पेक्ट्रम कुशलतापूर्वक प्रयोग होता है। एक उन्नत रेडियो पेजिंग प्रणाली जो जापानी अंकों/अक्षरों को प्रदर्शित कर सके, विकासाधीन है। रिसीवरों के लिए अपेक्षाकृत बैटरी के लंबे समय तक ऊर्जापूर्व बने रहना संभव हो गया है। प्रत्येक कॉल तीन बार सतर्क करेगा जिसमें दो प्रकार के आह्वान-स्वर का प्रावधान होगा। इस प्रणाली में स्पष्ट और शुद्ध संकेतों को सुनिश्चित करने का अंतःनिर्मित प्रावधान है।

अधिक विस्तार वाली पेजिंग प्रणाली की सफलता मितव्ययी और सुविधाजनक रिसीवरों संरूपण के अनुसार10 लाख उपभोक्ताओं को लाभ पहुंचा सकने योग्य उच्च क्षमता वाली संकेतन प्रणालियों, अंकीय तकनीकों के उपयोग तथा किसी भी टेलीफोन से काल की सुविधा के लिए डायलन पहुंच कोडों के प्रावधान पर निर्भर करती है। कॉलों को प्रभावी ढंग से निपटाने के लिए एक कुशल पेजिंग प्रणाली को अच्छे टेलीफोन

नेटवर्क की आवश्यकता होती है। अन्यथा गलत कॉल पेजिंग रजिस्टर को सदैव व्यस्त रखेंगे। ऊंची इमारतें और बेसमेन्ट एक अन्य समस्या बन सकते हैं क्योंकि ये 'छायादार' क्षेत्रों को जन्म देंगे जहां कॉल नहीं पहुंचते। कंप्यूटर आधारित क्षेत्र का अध्ययन ऐसे अंचलों का पता लगाने के लिए किया जाता है।

सुवाह्य फोन

यह संभव है कि पेजिंग जल्दी ही क्रांतिकारी परिवर्तन सही अर्थों में सुवाह्य फोन उपस्थित करे। इसका अर्थ होगा कि लोग चलते चलते भी सुवाह्य फोन को लेकर कॉल कर सकेंगे अथवा कॉल प्राप्त कर सकेंगे। यह नयी टेलीफोन सेवा 'सेल्युलर गतिशील रेडियो' के नाम से जानी जाती है। इस नयी प्रणाली में टेलीफोन को आराम से ले जाया जा सकता है और अपने सेवा क्षेत्र में कहीं भी प्रयोग हो सकता है। इस 'बिना डोरी' की टेलीफोन प्रणाली में उपभोक्ता लाइन के अंतर्भाग का स्थान रेडियो ले लेता है ताकि टेलीफोन सेट को, उसके सेवा क्षेत्र में कहीं भी ले जाया जा सके। फोन की घंटी एक ब्रीफकेस में आ सकती है और आप चलते हुए भी बात कर सकते हैं।

जापान ने सेल्युलर रेडियो प्रणाली1980 में शुरू की। टोकियो में सेवा क्षेत्र, व्याघात से बचने के लिए 12 विभिन्न रेडियो क्षेत्रों में बंटा हुआ है। 'बिना डोरी' का प्रत्येक टेलीफोन प्रतीक्षा के समय में मल्टीपल रेडियो चैनलों में से सुषुप्त चैनलों को ढूंढ़ सकता, चयनित चैनल पर वाकपथ स्थापित कर सकता और बिना डोरी वाले अन्य टेलीफोनों से उत्पन्न होने वाले व्याघात का पता लगा सकता है। यह प्रणाली300 मी. ×300 मी. क्षेत्र में50 उपभोक्ताओं के लिए45 वाक् चैनलों को संभाल सकती है।

संयुक्त राज्य में बिना डोरी के टेलीफोन को सन्1977 में प्रदर्शित किया गया। आज फर्मों के बीच बिना डोरी के फोन बेचने की तीव्र स्पर्धा हो रही है। ब्रिटेन में सन्1985 में प्रारंभ हुई सेल्युलर सेवा तीव्र गति से विस्तार पा रही है। एक ब्रिटिश विशेषज्ञ के अनुसार, कम कीमत और हल्के भार वाला सुवाह्य टेलीफोन पॉकेट डायरी के आकर में, शताब्दी के अंत तक आम जगहों में उपलब्ध होगा। आवश्यकता है अभिनव परिवर्तन की जो बैटरी में सुधार करके उसके आकार को घटा सके। चलित संचार, क्रांति को बिना खर्चीले वृहत् संघटित परिपथों के उत्पादन और सेल्युलर संप्रेषण के लिए अंतर्राष्ट्रीय मानकों को अपनाकर सहयोग मिलेगा।

मोटरकारों में

रेडियो आवृति स्पेक्ट्रम का उपयोग करते हुए मोटरकार टेलीफोन प्रणाली में सेल्युलर

पद्धति के प्रयोग का प्रयास जापान में किया गया है। यह नयी प्रणाली 1979 में टोकियो महानगर क्षेत्र में प्रारंभ की गयी थी। यह प्रणाली जापान में लगभग 40,000 उपभोक्ताओं के लिए पूर्णतया स्वचालित कॉल लगाती है और उच्च गुणवत्ता युक्त सेवा प्रदान करती है।

5 से 10 कि. मी. व्यास वाले प्रत्येक रेडियो क्षेत्र में अपेक्षाकृत कम शक्ति का ट्रांसमीटर होता है जो बिना व्यवधान के 25 से 30 कि. मी. के अंतर से आवृतियों के पुर्नप्रयोग को संभव बनाता है। संचार को सुविधाजनक बनाने हेतु किसी भी निष्क्रिय रेडियो चैनल का उपयोग करते हुए प्रत्येक चलित रेडियो इकाई 600 रेडियो चैनलों में से किसी से सामंजस्य स्थापित कर लेती है। चलित रेडियो इकाई जब अपने क्षेत्र के परे प्रभावी होता है तो आधार स्टेशन को उसकी अवस्थिति का भान करा देती है। इसका अर्थ होता है कि केवल अपेक्षित क्षेत्र ही प्रेषित होगा। जब कोई मोटरकार यदि रेडियो क्षेत्र को बातचीत के दौरान पार करती है, कॉल स्वतः ही नये आधार स्टेशन चैनल पर स्थानांतरित हो जाती है। यह प्रणाली नियंत्रण संदेशों को काफी बड़ी संख्या में निपटान करती है।

कुछ देशों में रेलवे टेलीफोन सेवाएं भी प्रचालित होती हैं। जापान में ये सेवाएं 1964 में एक लाइन पर और सन् 1982 में दूसरी लाइन पर चालू हुई थीं। हाल ही में इस सेवा में लाइन पर स्थान जुड़ गये हैं जहां सार्वजनिक स्विचित नेटवर्क में ग्राहकों के लिए और मौसम की भविष्यवाणी करने वाले कार्यालय के लिए कॉलों का स्वचालित विधि से उद्भव होता है। सार्वजनिक स्विचित नेटवर्क में ग्राहकों के लिए यात्रियों से कॉल हस्तचालन स्थानांतरित किये जाते हैं। टेलीफोन एक्सचेंजों से कॉलों के अतिरिक्त स्वचालित सामुद्रिक एवं थलीय रेडियो टेलीफोन रेलगाड़ी के टेलीफोनों से भी संयोजित किये जा सकते हैं।

चलती फिरती संचार व्यवस्था की गुणवत्ता में सुधार तथा आवृतियों के प्रभावी ढंग से प्रयोग की भावी प्रवृति का उद्देश्य है। चलती फिरती इकाईयों के लघु रूप तैयार करने और बड़े पैमाने के संघटित परिपथों और सामुद्रिक मोटरों और हवाई संचार प्रणाली में शक्ति की कम खपत हो इसके लिए अनुसंधान करना अनिवार्य है। चलते फिरते संचार साधनों में सुधार का एक अन्य तरीका अंकीय तकनीक के प्रयोग का है जिसके द्वारा स्वर संकेत को अंकीय संसूचना में परिवर्तित करके उसे एनालॉग संप्रेषण के लिए अपेक्षित 'बैंडविड्थ' से भी कम का उपयोग करते हुए मंद अंकीय दर पर संप्रेषित किया जा सकता है।

नयी विशेषताएं

चलते फिरते फोन जो प्रत्येक व्यक्ति द्वारा वहन किये जा सकते हैं, बड़े पैमाने पर

प्रयोग के लिए अभी पूरी तरह कारगर बनाये जाने हैं। अनेक परिवर्तनों में सुधार हुए हैं जिससे टेलीफोन के उपयोग का विस्तार हुआ है। स्वतः उत्तर देने वाले टेलीफोन बुलाये गये व्यक्ति को पहले से रिकार्ड किये गये संदेश देते हैं। इसमें आने वाले संदेशों को रिकार्ड करने का भी प्रावधान है। 'कैच फोन' किसी भी फोन पर बात करने वाले व्यक्ति को, पहली पार्टी से संपर्क काटे बिना आये हुए कॉल का जवाब देने की सुविधा देता है। स्वतः डायलर उपयुक्त कुंजी को दबाकर निर्बाध रूप से नंबर डायल करने में मदद करता है और संक्षिप्त डायलन का प्रावधान करता है। ध्वनिवर्धक फोन हाथों को मुक्त कर देता है और जरूरत महसूस हो तो तत्काल गोपनीयता बनाये रखी जा सकती है। अंकीय टेलीफोन बुलाने वाले का फोन नंबर भी प्रदर्शित कर सकता है। यह ऐसी विशेषता है जो निंदात्मक और शरारतपूर्ण फोन करने वालों को हतोत्साहित करेगी।

निजी तौर पर प्रचालित राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय ट्रंक डायलन बूथ बहुत से भारतीय नगरों में आम दिखलायी पड़ते हैं। गुल्लक फोन बहुत से देशों में बदले जा रहे हैं। इसमें अलग अलग मूल्य के सिक्कों को उसी खांचे में डालना और बिना उपयोग में आये सिक्कों को वापस प्राप्त कर लेना संभव है। गुल्लकें राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय दोनों प्रकार के कॉलों के लिए प्रयोग की जा सकती हैं। अन्य डिजाइन कॉल करने वाले को इसी उद्देश्यों के लिए विशेष रूप से निर्मित और सामान्य दोनों प्रकार के व्यक्तिगत साक्ष्य कार्डों के प्रयोग को स्वीकार करती हैं। विशेष कार्डों में पहले किये जा चुके कॉलों की संख्या इंगित करने का भी प्रावधान है। एक्सचेंज द्वारा स्वतः ही पहचान संख्या की जांच कर लेने के बाद कुछ दाब बटन मॉडल भी प्रचालित किये जा सकते हैं। कॉइन बॉक्स वाले फोनों की चोरी का बिना नकदी वाले सार्वजनिक फोन ही इसका निदान बन सकेंगे।

विकलांगों की मदद के लिए विशेष प्रावधान किये जाते हैं। विश्व का यू. के. में विकसित प्रथम बोलते इलेक्ट्रॉनिक कार्यालय टेलीफोन एक्सचेंज का प्रदर्शित अंध प्रचालकों के लिए विशेष रूप से डिजाइन किया हुआ है। यह युक्ति मांगे गये नंबर तथा अन्य सूचनाओं की जानकारी देती है। यह ब्रिटिश टेलीकॉम की निजी स्वचालित शाखा एक्सचेंज का परिष्कृत रूप है। एक अन्य टेलीफोन टर्मिनल बधिरों के लिए विकसित किया गया है। रंगीन फ्लैश रोशनियां यह इंगित करती हैं कि संयोजन स्थापित हो गया है और प्रयोक्ता संदेशों को टाइप करते हैं। एक और युक्ति क्षीण स्वर वाले लोगों को अपनी बात कहने में मदद करती है। एक बटन का स्पर्श करने पर यह ऐसे लोगों को शब्द और वाक्यांश चुनने योग्य बनाकर चुने हुए शब्दों/वाक्यांशों को उपस्कर के अंतःनिर्मित स्वर द्वारा संप्रेषित कर देती है। इसके अतिरिक्त बुलाने

वाले के घर का पता देते हुए अग्निशमन सेवा पुस्तिका या एंबुलेन्स को बुलाने के लिए लाल रंग के आपातकालीन बटन होते हैं। दूसरी विधियों में दाब बटन टेलीफोन हाथ-कंपन से पीड़ित लोगों के अनुकूल बनाये जा सकते हैं। इसके लिए अंकों पर एक फ्रेम यह सुनिश्चित करने के लिए रख दिया जाता है ताकि सही बटन ही दबें। जहां डायल वाले टेलीफोन होते हैं उस स्थिति में बड़े छिद्र अथवा बड़े डायल सहायक हो सकते हैं। ऐसे विविध प्रकार के टेलीफोन विकसित किये गये हैं जो श्वास, पांव अथवा कोहनी से भी प्रचालित किये जा सकते हैं।

फोन केवल बातचीत करने के लिए ही नहीं होते। ये विविध प्रकार की सूचना सेवाएं भी प्रदान करते हैं यथा, समय, क्रिकेट मैच का स्कोर, चुनाव परिणाम और डायरेक्टरी संबंधी पूछताछ की जानकारी देना। कुछ देशों में 'डायल-ए-डिस्क' और 'डायल-ए-स्टोरी' सेवाएं कॉल करने वाले का मनोरंजन भी करती हैं। किंतु यदि लाइनों में खराबी है तो फिर बिना कहे संगीत सुनने को मिलता है।

18

तत्क्षण डाटा

"यदि मैं आज रात, बंबई से पेरिस के लिया यात्रा करूं तो क्या मैं पेरिस में पांच घंटे का ठहराव रखते हुए फ्रांस की राजधानी से न्यूयार्क के लिए हवाई जहाज पकड़ सकता हूं ?" एक यात्री द्वारा दिल्ली स्थित एक एयर लाइन से पूछी गयी इस बात के लिए सामान्यतया दूरमुद्रक पर केंद्रों को संदेश भेजने की प्रक्रिया और उसका जवाब प्राप्त होने तक प्रतीक्षा करना लाजमी है। किंतु इस बात का जवाब कुछ ही मिनटों में दिया जा सकता है, यदि सूचना संप्रेषण और टर्मिनल सुविधाएं उपलब्ध हों। ऐसी स्थिति में पूछे गये सवाल का जवाब दिल्ली में ही आरक्षण काउंटर पर वीडियो पट्ट पर प्रदर्शित कर दिया जायेगा। टर्मिनल एक कंप्यूटर विशेषज्ञ से मशविरा करेगा और हर आरक्षण के बाद उसे अद्यतन कर देगा। इसे ही 'वास्तविक समय प्रयुक्ति' कहते हैं और यह सूचना संप्रेषण की सुविधा के कारण संभव हो पाता है। वास्तविक समय एवं अन्य दोनों ही प्रकार की तत्क्षण सूचना की असंख्य अनुप्रयुक्तियां हैं।

विभिन्न फर्मों, बैंकों, सुपरबाजारों, उद्योगों और प्रौद्योगिक संस्थानों से प्राप्त सूचना तत्काल संप्रेषित की जा सकती है जिससे व्यापारियों, प्रबंधकों और ग्राहकों को लाभ होता है। आवश्यक वस्तुओं के उत्पादन और वितरण के रुख की जानकारी बिना समय गंवाए संप्रेषित की जा सकती है।

भारत में सन् 1976 में, हिंदमहासागर के ऊपर स्थित इंटलसैट उपग्रह के जरिए बंबई के टर्मिनलों को रोम में कंप्यूटर से संयोजित करते हुए एक प्रयोगात्मक संपर्क स्थापित किया गया था। इस संपर्क की एक विशेषता यह थी कि यह बंबई टेलीफोन नेटवर्क के माध्यम से किया गया था। बंबई में मौजूदा वैज्ञानिक इटली में स्थित कंप्यूटर से विज्ञान और तकनीकी मसलों पर अद्यतन सूचनाएं प्राप्त कर सकते थे। इन सूचनाओं को प्रदर्शित किया गया और जरूरत पड़ने पर उसका मुद्रित रूप उपलब्ध करवा दिया गया। इस सफल प्रयोग का अनुगमन करते हुए डाटा संप्रेषण सुविधा में अनवरत वृद्धि हुई, अधिकाधिक विशेष रूप से कंप्यूटरों के उपयोग से यह सुविधा बढ़ी।

यदि डाटा संप्रेषण का लाभ ग्राहकों की काफी बड़ी संख्या को मिलना है तो संप्रेषण

लागत कम होनी ही चाहिए। इस उद्देश्य की प्राप्ति के लिए कुछ सुविधाएं अनिवार्य हो जायेंगी। इन सुविधाओं में मल्टीप्लेक्स कंसेंट्रेटर, मल्टी ड्रॉप और मल्टी पाइंट डाटा सैट शामिल हैं।

इनमें से अधिकांश युक्तियां 300 बिट प्रति सेकेंड की गति से कम पर प्रचालित होती हैं। धीमी गति के डाटा टर्मिनलों में दूरटंकण मशीनें और कागज टेपरीडर शामिल हैं। प्रत्येक टर्मिनल हेतु लंबी दूरी के लिए पृथक परिपथ के प्रयोग की बजाय कई टर्मिनलों को एक स्थल पर लाना, अधिक गति वाले लंबी दूरी के परिपथों पर संप्रेषण के लिए उन्हें मल्टीप्लेक्स करना अधिक मितव्ययी होगा। इस कार्य के लिए, अच्छे अनुकूलित वाक्-उच्च मार्गों में मल्टीप्लेक्सरों का प्रावधान किया जा सकता है।

अधिकांश टर्मिनल हर समय संदेश संप्रेषित नहीं करते, अतः आने वाले संकेतों को जमा करके मितव्ययी तरीके से भेजकर उच्च मार्ग का श्रेष्ठतर प्रयोग करने के लिए एक संकेंद्रक स्थापित किया जा सकता है। इस प्रकार धीमी गति के अनेक टर्मिनलों को संभाला जा सकता है। मल्टी ड्रॉप और मल्टी पाइंट परिपथों का अर्थ है अनेक टर्मिनलों का एक ही लाइन से संयोजित होना। मल्टी ड्रॉप लाइन पर दो टर्मिनल एक ही समय में संप्रेषण और प्राप्ति का कार्य नहीं कर सकते। इन्हें अपनी बारी के अनुसार ही प्रचालित होना होगा। पृथक लाइनों में वृद्धि की बजाय यह व्यवस्था अधिक मितव्ययतापूर्ण रहेगी।

अंतःनिर्मित सीमाएं

टेलीफोन नेटवर्क की एक अंतःनिर्मित सीमा है। भलीभांति रक्षित टेलीफोन स्विच किये गये नेटवर्क पर अधिकतम डाटा की संभव गति सामान्यतया 1,200 बिट प्रति सेकेंड है और यह 2,400 बिट तक पहुंच सकती है। स्विचित टेलिफोन नेटवर्क के माध्यम से केवल धीमी गति का परियात जा सकता है। कॉल स्थापन समय ट्रंक लाइन पर 6 से 15 सेकेंड है जो अधिक है। दूसरी ओर डाटा कॉलों के लिए, वास्तव में संदेश प्रेषित करने में जो समय लगता है वह टेलीफोन या टेलेक्स कॉलों में लगने वाले समय से सामान्यतया कम होता है। वर्तमान में, अधिकांश डाटा कॉल 10 से 20 सेकेंड तक संचार समय लेते ही हैं। यदि डाटा की गति बढ़ती है तो संदेश प्रेषित करने में लगने वाला अवधि और भी कम होगा। इस प्रकार वास्तविक कॉल की अवधि की अपेक्षा कॉल स्थापन अवधि सापेक्षतया अधिक हो जाती है। कंप्यूटर को अप्रभावी ढंग से व्यस्त रखा जाता है। इसके अतिरिक्त वाक्-संप्रेषण, पर्याप्त संवेगात्मक शोर, रुकावट और अन्य खराबियां बर्दाश्त कर सकता है जबकि डाटा संप्रेषण बर्दाश्त नहीं कर सकता। विभिन्न स्विचिंग और संप्रेषण प्रणालियों से युक्त टेलीफोन नेटवर्क, कॉल

स्थापित करने के लिए अनेक वैकल्पिक मार्गों में से एक का प्रयोग करता है। ऐसी स्थिति में स्वाभाविक है कि संप्रेषण स्तर को आघात पहुंचता है।

इसके अलावा डाटा संप्रेषण विविध प्रकार की सेवाओं की जरूरत पूरी कर सकता है। संदेशों और आवाजों के अतिरिक्त, यह रंगीन टी. वी. अनुलिपि और यहां तक कि विद्युत इलेक्ट्रो कार्डियो ग्राफ को संप्रेषित कर सकता है।

डाटा संप्रेषण की बढ़ती हुई मांग को संभालने हेतु, एक समर्पित डिजिटल नेटवर्क अनिवार्य हो जाता है। ऐसे नेटवर्क में मॉडलों की कोई आवश्यकता नहीं है क्योंकि संप्रेषण पथ 'एनालॉग' न होकर 'डिजिटल' होगा। ऐसा नेटवर्क, त्रुटियों की अल्प दर रखते हुए उच्चतर डाटा संप्रेषण गति पर प्रचालित हो सकता है।

विशेष नेटवर्क

डाटा संप्रेषण के लिए विशेष नेटवर्क अनिवार्य हैं क्योंकि किसी देश में परिकलन शक्ति विस्तृत रूप में वितरित होती है। अभी हाल तक 'मेनफ्रेम्स' कहे जाने वाले बड़े कंप्यूटर उपयोग में थे और उनकी कीमत और जटिलता को देखते हुए उन्हीं कुछ स्थानों में लगाये गये जहां उन्हें प्रचालित करने के लिए विशेष कौशल उपलब्ध था। मेनफ्रेमों को निजी तौर पर पट्टे की फोन लाइनों से या फिर सार्वजनिक फोन नेटवर्क से जोड़ा गया। आजकल 'मिनी' या 'माइक्रो' कंप्यूटरों के बहुतायत में उपलब्ध होने से बहुत से लोगों के लिए कंप्यूटर रखना और उन्हें प्रचालित करना संभव हो गया है। इससे इलेक्ट्रॉनिक फाइलिंग और इलेक्ट्रॉनिक मेल जैसे अनेक नये अनुप्रयोगों के लिए मार्ग खुल गया है। बैंकिंग और वित्तीय संस्थाओं, एयरलाइनों और यात्रा एजेंसियों, डाटा बैंकों, कंप्यूटर कंपनियों, शोध संस्थानों और उद्योगों ने कंप्यूटरों का उपयोग करना शुरू कर दिया है। इस प्रकार विभिन्न क्षमताओं और प्रकारों के कंप्यूटरों के लिए एक दूसरे से तथा केंद्रीय तौर पर जमा सूचना पूलों के कंप्यूटरों के लिए एक दूसरे से तथा केंद्रीय तौर पर जमा सूचना पूलों के साथ वार्ता करना आवश्यक हो गया है। इसके लिए ऐसे विशेष नेटवर्क की आवश्यकता है जो पारंपरिक टेलीफोन नेटवर्क की सीमाओं को बांध सके। भारतीय रेलवे, इंडियन एयरलाइंस, भारतीय स्टेट बैंक तथा कंप्यूटर रखरखाव निगम ऐसे बढ़ते हुए संस्थानों में से हैं जिनका दूरसंचार संपर्क समर्पित है।

इसका उत्तर है सार्वजनिक डाटा नेटवर्क का आविर्भाव। अनिवार्य रूप से डाटा नेटवर्क में स्विचिंग कालों के दो मार्ग हो सकते हैं। एक परिपथ-स्विचन कहलाता है और दूसरा पैकेट स्विचन। परिपथ स्विचित विधि में टेलीफोन वार्ता की भांति दो लोगों के बीच छोर से छोर तक केवल उन्हीं के उपयोग के लिए संपर्क स्थापित हो

जाता है। वर्तमान टेलेक्स नेटवर्क भी परिपथ स्विचित है। कॉल की अवधि के दौरान, कोई कॉल न तो भेजा जा सकता है और न प्राप्त किया जा सकता है।

पैकेट-स्विचन

संचार चैनलों के उपयोग में वृद्धि करने हेतु पैकेट स्विचन का प्रारंभ हुआ था। इस पद्धति में, संदेश को एक निर्धारित लंबाई के पैकेटों में बांट दिया जाता है (या कहें कि प्रत्येक पैकेट लगभग 1,000 बिटों का) और उन्हें अलग-अलग एक 'पता-कूट' सहित आगे भेजा जाता है और गंतव्य स्थान पर जोड़ कर पुनः एक कर दिया जाता है। पैकेट की लंबाई का संदेश की लंबाई से कतई संबंध नहीं है। इस प्रकार संदेश के हिस्से अलग-अलग पैकेटों के रूप में दूसरे संदेशों के साथ सन्निकट रूप में एक एक्सचेंज से दूसरे एक्सचेंज तक भिन्न-भिन्न मार्गों से आगे जायेंगे। किसी भी पैकेट में त्रुटि का पता लगाकर उसे वापस बुलाकर उसकी पुनरावृत्ति करने का प्रावधान भी रहता है। प्रयोक्ता इस सब कार्यवाही को नहीं देखता। पैकेटों को शीघ्रता (गर्मा-गर्म आलुओं की भांति) से निपटाया जाता है ताकि लाइनों का अधिकतम उपयोग हो सके।

पैकेट-स्विचन के लाभ क्या हैं? इसके अनेक लाभ हैं। बहुत बड़ी संख्या में टर्मिनलों को इकहरी क्षमता वाले मार्ग पर कंप्यूटर से संयोजित किया जा सकता है। परस्पर संपर्क करने वाली युक्तियों के दायरे का विस्तार हो जाता है। तीव्र गति की स्थिति में डाटा परियात की संप्रेषण लागत विशेष रूप से कम होती है। स्थापित करने की दृष्टि से योजक अपेक्षाकृत सरल, संयोजन की दृष्टि से फुर्तीले और प्रचालन की दृष्टि से अधिक विश्वसनीय हैं। स्वतः पुनर्संप्रेषण के लिए किया गया प्रावधान त्रुटियों की देखभाल करता है। प्रेषक अथवा प्राप्तकर्ता को एक सी गति पर प्रचालन करने या समान अंक-कूट का उपयोग कम करने की जरूरत नहीं रहती।

पैकेट स्विचन से दूरसंचार नेटवर्क का महत्व और बढ़ जाता है। मूल्य योजित नेटवर्क द्वारा जैसाकि इसे आज कहा जाता है, अधिकाधिक डाटा का निपटान किये जाने की संभावना है। प्रथम बार सन् 1960 के दशक के मध्य में प्रस्तावित तकनीक 1970 के दशक के प्रारंभ में चालू हो गयी। डाटा परियात में हुई वृद्धि वाक् गति से चार गुनी है क्योंकि व्यावसायिक फर्म डाटा नेटवर्क का प्रयोग इलेक्ट्रॉनिक विधि से संपर्क द्वारा करती है। ऐसा प्रतीत होता है कि विश्व के दूरसंचार नेटवर्कों पर शब्दों की अपेक्षा डाटा का वर्चस्व बना हुआ है। उपग्रहों के प्रयोग से भी लगता है कि डाटा संप्रेषण में वृद्धि हुई है।

यू. के. और जापान में

यह समझना बड़ा रुचिकर होगा कि जिन दो देशों ने हाल ही में पैकेट स्विचित नेटवर्क का उपयोग शुरू किया है वे अपनी यह सेवा किस प्रकार चला रहे हैं। यू. के. में सार्वजनिक डाटा पैकेट-स्विचित नेटवर्क का व्यावसायिक स्तर पर प्रचालन1981 में प्रारंभ हुआ और अब यह संतुलित ढंग से वृद्धि पर है क्योंकि ग्राहक इसका उपयोग यू. के. में समुद्र पार क्षेत्रों में कंप्यूटर डाटा बैंकों से सूचना पुनर्प्राप्ति के लिए साख-कार्ड को वैध करवाने, निकासी गृहों के बीच बैंक भुगतानों की स्वतः निकासी, वायुयान मालभाड़े की चुंगी के निपटान और सूची नियंत्रण के लिए करते हैं। भविष्य में जिन कार्यों के लिए इसका प्रयोग होगा वे हैं, विक्रय स्थल पर इलेक्ट्रॉनिक निधि हस्तांतरण तथा टेलेक्स जैसी परिष्कृत युक्तियों के माध्यम से नवीन संदेश संप्रेषण विधियां। यह दावा किया जाता है कि पैकेट स्विचन डाटा ने स्तर की दृष्टि से पारंपरिक टेलीफोन और टेलेक्स सेवाओं की तुलना में इसे सुस्थित सेवा का रूप प्रदान किया गया है।

यह ध्यान देने वाली बात है कि ऐसे ग्राहक जो अपना डाटा भेजने के लिए, सामान्य रूप से स्वीकृत 1,200 बिट प्रति सेकेंड तक की संप्रेषण दर का उपयोग करते हैं तो ऐसा वे 'अंक' टर्मिनलों से ही करते हैं। उनसे प्राप्त डाटा, स्थानीय पैकेट-स्विचन एक्सचेंज में एक विशेष यूनिट द्वारा पैकेटों में परिवर्तित किया जाता है। ग्राहक विशेष यूनिट द्वारा पैकेटों में परिवर्तित किया जाता है। ग्राहक पहले यूनिटों का नंबर डायल कर सकते हैं और तब अपना डाटा भेज सकते हैं। जहां संप्रेषण की गति अपेक्षाकृत तीव्र होती है। (जैसे2.4, 9.6 और48 कि. बिट प्रति सेकेंड वहां 'पैकेट' टर्मिनलों का प्रयोग होता है और ये केवल पैकेट रूप में ही डाटा स्वीकार करती हैं और उन्हें समर्पित डाटा लाइन से जोड़ती हैं। पूर्णतः डुप्लेक्स समक्रमिक संचार भी संभव है। अधिकतर कंप्यूटर टर्मिनलों की आवश्यकताओं (उदाहरण के लिए यू. के. में) की पूर्ति2.4 से64 कि. बिट प्रति सेकेंड तक की डाटा गति द्वारा हो सकती है जबकि सूचना के वृहत् खंडों के लिए और तीव्र गतियां (48 और64 कि. बिट प्रति सेकेंड तथा2 मे. बिट प्रति सेकेंड) अपेक्षित होती हैं। पैकेट स्विचन के लिए 'प्रोटोकॉल' (नवाचार) के नाम से जानी जाने वाली अंतर्राष्ट्रीय नियमावली और पद्धति का सामूहिक रूप से पालन करना होता है। इन 'नवाचारों' की सिफारिश टेलीफोन और तार के लिए अंतर्राष्ट्रीय परामर्श समिति (सी. सी. आई. टी. टी.) द्वारा की जाती है।

जापान में पैकेट स्विचन सेवा सन्1980 में प्रारंभ हुई। परिपथ-स्विचन सेवा इससे एक वर्ष पहले शुरू हुई थी। इन पद्धतियों के संचालन में डिजिटल डाटा एक्सचेंजों (डी. डी. एक्स.) का प्रयोग होता है। अद्यतन अंकीय तकनीकों का उपयोग स्विचन और संप्रेषण लाइनों में होता है। पैकेट स्विचन में सूचना को रोक कर पैकेटों में सूचना

संप्रेषित करने हेतु 'संग्रह और अग्रेषण' (स्टोर-एंड फारवर्ड) स्विचन पद्धति अपनाई जाती है। विस्तृत क्षेत्र में फैले डाटा टर्मिनल, विभिन्न प्रकार के प्रयोक्ताओं और प्रणालियों को एकजुट करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभायेंगे।

भारत में, अंतर्राष्ट्रीय इलेक्ट्रॉनिक डाक का निपटान करने के लिए एक पैकेट डाटा स्विच बंबई में चालू किया गया है। इसकी आवश्यकता विशेष रूप से आने वाले अंतर्राष्ट्रीय कॉलों (लगभग18 प्रतिशत टेलेक्स के लिए और 28 प्रतिशत टेलीफोन के लिए) के धीमे निपटान के कारण होती है। विदेश संचार निगम के पास, विदेश से आने वाली सूचना के इलेक्ट्रॉनिक भंडारण के लिए योजनाएं हैं। अधिकतर बड़े नगरों को जोड़ने वाली एक पैकेट स्विचित नेटवर्क की योजना भी बन रही है। औद्योगिक और व्यापार क्षेत्रों की सूचना आवश्यकता को पूरा करने के लिए सीमित नेटवर्किंग सुविधा युक्त, अंकीय पी. ए. बी. एक्स. की आयोजना भी हो रही है। बाद में इन्हें, संघटित अंकीय नेटवर्क के अंग के रूप में, अंकीय सार्वजनिक केंद्रों से जोड़ने का विचार है। बहुत से निजी उद्यम, अपनी ही24 घंटे की समर्पित सुविधा रखने की बजाय 'प्रयोग के साथ-साथ भुगतान' (पे एज़ यू यूज़) के आधार पर घरेलू पैकेट स्विच नेटवर्क के प्रयोग को बचत वाली सेवा के रूप में महसूस करेंगे।

दूरमुद्रकों में सुधार

यद्यपि डाटा संप्रेषण की आवश्यकताएं बढ़ रही हैं तो भी, रिकार्डित संदेशों को भेजने और प्राप्त करने के लिए पारंपरिक युक्ति वाले दूरमुद्रक (टेलीप्रिंटर) में अनेक सुधार हुए हैं।

टेलीप्रिंटर में लगभग2,400 पुर्जे होते हैं। यह संदेश प्रेषित करने और प्राप्त करने के लिए मुद्रण टेलीग्राफ यंत्र होता है। टेलीप्रिंटर सार्वजनिक तार सेवाओं, समाचार पत्रों, समाचार एजेंसियों, रेलवे, एयर लाइनों, बैंकों, फैक्टरियों और कार्यालयों द्वारा प्रयोग में लाया जाता है। इसमें टाइपराइटर जैसा एक कुंजीपटल संदेश प्रेषित करने के लिए होता है।

दूरमुद्रक की सहायता से किसी भी माध्यम से फिर चाहे वे ओपन वायर लाइनें हों, भूमिगत केबिल हों, रेडियो संपर्क हो अथवा कैरियर तार लाइनें हों, संदेश प्रेषित किये जा सकते हैं। यही नहीं दूरमुद्रक स्थल-से-स्थल के आधार पर अथवा टेलेक्स नामक टेलीप्रिंटर एक्सचेंज जैसी स्विचिंग सुविधाओं से युक्त नेटवर्क में प्रयुक्त हो सकते हैं। नंबर डायल करके वांछित दूरमुद्रक से संयोजन किया जा सकता है।

दूरमुद्रक के ऐसे मॉडल भी उपलब्ध हैं जो केवल संदेश प्राप्त कर सकते हैं, प्रेषित नहीं कर सकते। इसी प्रकार पेज दूरमुद्रक द्वारा210 मिलीमीटर चौड़े पृष्ठ

पर संदेश मुद्रित किया जा सकता है। देवनागरी लिपि के पेज दूरमुद्रक की संदेश प्रेषण-यूनिट में एक विशेष बात यह होती है कि उसमें विचलन संकेतों और एकत्रित सामग्री का स्वतः प्रेषण हो सकता है। उसमें एक से अधिक मुद्रण प्रचलन द्वारा संयुक्ताक्षरों को मुद्रित करने की भी विशेष व्यवस्था होती है। यदि दूरमुद्रकों में अरबी लिपि का प्रयोग होता है तो मुद्रणबास्केट बायीं और से दायीं ओर जाने के बजाय दायीं ओर से बायीं ओर चली जायेगी।

संदेश प्रेषण के समय को कम करने के लिए टेप ट्रांसमीटरों का प्रयोग किया जाता है। इसमें एक संदेश प्रेषण प्राप्ति उपकरण होता है जो संदेश मुद्रित करने के साथ साथ टेप पर संदेश को छिद्रित करता है। जो बाद में संदेश प्रेषित करने में प्रयोग होते हैं। टेप ट्रांसमीटर को संदेश प्रेषण और प्राप्ति वाले दूरमुद्रक के साथ लगाकर उसे कुंजीपटल के विकल्प के रूप में संदेश प्रेषित करने हेतु प्रयोग किया जा सकता है।

प्रेषण की गति जितनी होनी चाहिए उस गति को प्राप्त करने के लिए स्वचालित टेप ट्रांसमीटर का प्रयोग किया जाता है। मानवीय प्रचालन की तुलना में इसकी गति अधिक रहती है क्योंकि इसमें उपलब्ध परिपथ समय का अधिकतम उपयोग हो पाता है। टेलेक्स एक्सचेंजों की कार्यप्रणाली में ऐसी इकाइयां उपलब्ध हैं। मशीन के लाइन पर काम न करने की स्थिति में संदेशों को छिद्रित करने की सुविधाएं भी उपलब्ध रहती हैं। साथ ही पूर्ण डुप्लेक्स आधार पर कार्य करना अर्थात् एक ही साथ संदेश भेजना और प्राप्त करना भी संभव है। ये उपकरण हिंदुस्तान टेलीप्रिंटर्स लि., मद्रास में निर्मित होने वाली, दूरमुद्रक की 30 विभिन्न किस्मों और अन्य सहायक उपस्करों में शामिल हैं।

देश में ही एक इलेक्ट्रॉनिक दूरमुद्रक विकसित किया गया है जो कि उत्पादनाधीन है। यह विद्युत यांत्रिकीय मॉडल से अधिक परिष्कृत है। इसका कुंजी पटल अपेक्षाकृत अधिक हल्का और अधिक गति से चलने वाला है। परंपरात्मक ढंग के दूरमुद्रक से 66 शब्द प्रति मिनट भेजे जा सकते हैं जब कि नये मॉडल में तीव्र गति से प्राप्त होने वाले शब्दों को जमा करके आगे भेजने की क्षमता है। स्वचालित विपरिवर्तक को प्रचालित करके, अक्षरों के बदले अंक सरलता से मुद्रित किये जा सकते हैं।

इलेक्ट्रॉनिक कुंजीपटल से संकेतों में गलतियां होने की आशंका घट कर 3 प्रतिशत के मुकाबले केवल 1 प्रतिशत रह गयी है। इलेक्ट्रॉनिक उपस्कर द्वारा कम गलतियों के साथ लंबी दूरी के संचार चैनलों को प्रचालित किया जा सकता है। लाइनों के अव्यवस्थित होने की स्थिति में संकेतों में 48 प्रतिशत तक कुछ का कुछ होने की आशंका इलेक्ट्रॉनिक ढंग से यंत्रों में घट कर केवल 40 प्रतिशत रह गयी है।

सार्वजनिक तार प्रणाली में प्रयोग के लिए इलेक्ट्रॉनिक टेप युक्त दूरमुद्रक का भी विकास किया जा रहा है।

अंग्रेजी या देवनागरी में मुद्रण के लिए एक द्विभाषी दूरमुद्रक विकसित किया गया है। अंग्रेजी के दूरमुद्रक में 54 कुंजिया हैं, 26 अक्षरों के लिए और शेष 6 अंकों एवं विराम चिह्नों के लिए। दो प्रकार्य कुंजियां अलग से हैं। द्विभाषी दूरमुद्रक में 84 कुंजियां हैं जिनमें से 32 देवनागरी की हैं। किंतु मुद्रण के लिए केवल 28 हैं, एक अंतर डालने के लिए और तीन विपरिवर्तन कार्य के लिए हैं। प्रत्येक कुंजी से अंग्रेजी या देवनागरी का अक्षर अथवा अंक या फिर विराम चिह्न मुद्रित किया जा सकता हैं

यह सुनिश्चित करने के लिए कि दूरमुद्रक अथवा तार परिपथ पर संकेतों की तोड़-मरोड़ अपनी निर्धारित सीमा से अधिक न बढ़े, यंत्र में विशेष युक्तियां विकसित की गयी हैं जिनमें एक युक्ति तोड़-मरोड़ लागू करने (संकेतकों के अलावा) और दूसरी इस तोड़-मरोड़ की मात्रा को नापने संबंधी है। माइक्रो प्रॉसेसरों से दूरमुद्रकों में बहुत सी नयी विशेषताएं समाविष्ट हो गयी हैं। एक पूरी तरह इलेक्ट्रॉनिक दूरमुद्रक स्वतः बुलाने, संदेश संपादित करने, भंडारण जैसी अन्य सुविधाएं प्रदान कर सकता है। संग्रहित संदेशों को, ऑपरेटर द्वारा और कार्यवाही करवाये बिना संप्रेषण के लिए चुना जा सकता है। अन्य टर्मिनल के व्यस्त रहने की स्थिति में पुनरावृति प्रयास किये जायेंगे। संदेश एकाधिक गंतव्यों को भेजे जा सकते हैं। दूरमुद्रक को निर्बाध रूप से 25 तक प्रयोग किये गये नंबरों को स्मरण रखने और अंक-कूट के उत्तर में स्वतः कॉल करने हेतु कार्यक्रमित किया जा सकता है।

टेलेक्स एवं टेलीटैक्स

टेलेक्स सेवा प्रदान करने के लिए दूरमुद्रक अंतःसंयोजित होते हैं। प्राप्ति वाले छोर पर मशीन का नंबर डायल किया जाता है और मशीन के संयोजित हो जाने पर संदेश टंकित किया जाता है। संदेश प्रायः पहले ही तैयार कर लिये जाते हैं। टंकित संदेश को पूर्वकूटित छिद्रित टेप में परिवर्तित करते हैं और दूरमुद्रक में भर देते हैं और संदेश लगभग 70 शब्द प्रति मिनट की गति से भेज दिया जाता है।

'वर्ड प्रोसेसर' नामक नयी युक्ति में जो टंकित संदेशों को इलेक्ट्रॉनिक स्मृति में रख देता है पूर्वकूटित टेप की आवश्यकता नहीं होती। संदेशों को जमा रखने के लिए अधिक क्षमता वाली डिस्क उपयोग में लायी जाती है। पृष्ठ दिखलायी दे ऐसे ढंग से प्रदर्शित किया जाता है। ऑपरेटर इसे देख सकता है और अंकों/अक्षरों को यहां तक कि पूरी पंक्ति को बदल सकता है और एक या दो बटनों को दबाकर पृष्ठ को पुनर्व्यवस्थित कर सकता है तथा सामग्री को संपादित करने हेतु कई निर्देश भी

दे सकता है। पृष्ठ का मुद्रित रूप तुरंत रिकार्ड करते हुए भी प्राप्त करने वाली मशीन 400 वर्ण प्रति मिनट के हिसाब से संग्रहीत पृष्ठ को स्वतः ही भेजा जा सकता है। एक अन्य तकनीक द्वारा दूरमुद्रक पर टंकित संदेश निजी या विशेष परिपथों से संदेश स्विचर (कंप्यूटर का एक रूप) को भेजे जाते हैं जो उन्हें स्वतः ही वांछित दूरमुद्रक की तरफ भेज देता है।

यदि दूर स्थित मशीन व्यस्त होती है तो स्विच संदेश के वितरित होने तक उसे संग्रहीत रूप से रख सकता है। यह लचीली संदेश-स्विचन सेवा, सार्वजनिक टेलेक्स नेटवर्क से भी जोड़ी जा सकती है। नगर विमानन, मौसम विज्ञान, पुलिस और रक्षा, संदेशों के निपटान के लिए विशेष नेटवर्क रख सकते हैं।

एक और नयी युक्ति है टेलीटैक्स। यह अधिक परिष्कृत प्रकार्यों वाली टेलेक्स ही है। यह जर्मनी, यू. के. और स्केंडिनेवियन देशों में कार्य कर रही है। सामग्री2,400 बिटों की गति से सामग्री पृष्ठवार प्रेषित की जा सकती है। कुछ देश पैकेट-स्विचित सार्वजनिक डाटा नेटवर्कों पर अथवा सार्वजनिक टेलीफोन नेटवर्कों पर आधारित टेलेक्स सेवाएं प्रदान करते हैं।

एक सामान्य टेलेक्स तार के रूप में संदेश विनिमय करता है। जबकि टेलीटैक्स वर्णों और प्रतीकों युक्त दस्तावेजों को पृष्ठ के रूप में संप्रेषित करता है। टेलीटेक्स द्वारा डेस्क-से-डेस्क तीव्रगति सामग्री के संप्रेषण के लिए दस सेकेंड प्रति पृष्ठ लेता है जो एक मानक टेलेक्स से लगभग30 गुना तीव्र होता है। सूचना या तो टेलीफोन लाइन पर या डाटा नेटवर्क पर भेजी जा सकती है। स्मृति-से-स्मृति तक टेलेक्स द्वारा सामग्री का स्थानांतरण, इलेक्ट्रॉनिक कार्यालय के नये युग की घोषणा है।

19

असीम दृष्टि

रेडियो और टेलीफोन सचार के विकास ने मनुष्य की कल्पना को चित्र संप्रेषित करने के लिए प्रदीप्त किया तो फोटो विद्युत सैल ने इससे संबंधित नयी पद्धतियां आजमाने के लिए प्रेरित किया। सैल, प्रकाश को विद्युत में परिवर्तित करेगा और एक 'युक्ति' विद्युत संकेतों को फिर से प्रकाश में बदलने का काम करेगी।

किसी चित्र को एक शहर से दूसरे शहर में टेलीफोन लाइन पर भेजा जा सकता है। समाचार पत्र का पूरा पृष्ठ किसी सुदूर छोर पर पुनरांकित करने हेतु प्रेषित किया जा सकता है। यदि आपको कोई निहायत जरूरी विधिक दस्तावेज या आरेख किसी अन्य स्थान पर प्रेषित करना है तो यह भी संभव है।

जिस तकनीक से यह संभव है, उसे अनुलिपि (संक्षेप में फैक्स) कहते हैं। अनुलिपि, एक निश्चित दूरी पर किसी दस्तावेज की हू-ब-हू प्रतिलिपि को संप्रेषण करता है। सन् 1843 में अलेक्जेंडर बेन ने एक ब्रिटिश पेटेंट में इन सिद्धांतों की रूपरेखा प्रस्तुत की थी।

अनुलिपि (फेसिमिल) इस प्रकार कार्य करती है, यह प्रेषित की जाने वाली प्रति एक परिक्रमा करते ड्रम के चारों ओर लपेट दी जाती है। एक क्रमवीक्षण युक्ति घूमती हुई प्रति को देखकर प्रकाश स्पंदनों के रूप में पंक्ति दर पंक्ति बिंब ग्रहण कर लेती है। इस प्रकार प्राप्त प्रकाश आकृति, प्रकाशीय प्रणाली से एक फोटो विद्युत सैल में पहुंचती है जो प्रकाश स्पंदनों को समतुल्य संकेत आकृति में परिवर्तित कर देता है। प्रेषक और अभिग्राही ड्रमों का समक्रमिक रूप से परिक्रमा करना अनिवार्य है। श्वेत धब्बे अधिक करेंट उत्पन्न करते हैं जबकि काले धब्बों में यह विद्युतीय निर्गत अत्यंत कम होता है।

धीमी गति के संप्रेषण के लिए वाक् चैनल की बैंड चौड़ाई पर्याप्त होती है। अधिक गति के संप्रेषण के लिए (समाचार पत्रों के लिए) अपेक्षाकृत अधिक बैंड चौड़ाई आवश्यक है। इसके लिए एक समुचित कैरियर के साथ 12 चैनलों(48 कि. हट्र्ज) का समूह

प्रयुक्त किया जाता है। और काली सफेद अनुलिपि एक ही चैनल पर संप्रेषित की जा सकती है।

यदि अनेक प्रकार की, धूसर वर्ण आभाओं युक्त अच्छे स्तर का चित्र प्राप्त करना है तो अनेक वर्ण आभाएं प्रेषित करनी जरूरी हैं। प्रति की प्रकाश तीव्रता पर निर्भर, तरंग रूप का आयाम प्रत्यक्ष अनुपात को बदल देगा। यह समतुल्य अनुलिपि प्रणाली है जिसमें बैंड चौड़ाई की सुविधा होना जरूरी है। यदि अधिक पंक्तियों का क्रमवीक्षण किया जाता है तो चित्र की स्पष्टता अपेक्षाकृत अच्छी होगी। वर्तमान में, प्रति इंच 50 से100 रेखाओं तक का क्रमवीक्षण होता है। सादा प्रणाली में धूसर रंगों को संप्रेषित करने का प्रावधान नहीं है केवल श्वेत-श्याम वर्णांशों को संप्रेषित कर सकती है। तरंगाकृति के अनुरूप श्वेत और श्याम वर्ण केवल दो ही मूल्य हैं।

यहां यह ध्यान देने की बात है कि संप्रेषण बैंड चौड़ाई और संप्रेषण समय अंतर्संबंधित है। बैंड चौड़ाई बढ़ने पर समय घटता है और बैंड चौड़ाई घटने पर समय बढ़ जाता है। यदि किसी चित्र की दृढ़ता दोगुनी करनी है तो बैंड चौड़ाई चार गुनी करनी अपेक्षित है।

बैंड चौड़ाई कम करने और समय को घटाने के लिए अनेक तकनीकों का सहारा लिया जा रहा है। एक विचार यह है कि केवल किसी पृष्ठ के श्याम वर्णों को ही संप्रेषित किया जाये जो अधिकांशतया श्वेत होता है। कंप्रेशन के रूप में जानी जाने वाली इस तकनीक से लागत में कमी आती है।

समाचार पत्रों को संप्रेषित करना

दूर दराज के स्थानों में मुद्रण एवं वितरण के लिए समाचार पत्रों को संप्रेषित किया जा सकता है। प्रथम प्रचालनात्मक समाचार पत्र पृष्ठ अनुलिपि प्रणाली मेनचेस्टर गार्जियन के लंदन संस्करण के लिए सन्1958 में इंग्लैंड में विकसित हुई। जब समाचार पत्र के प्रबंधकों ने इस प्रणाली को न अपनाने का निर्णय लिया तो निर्माताओं ने यह युक्ति एक जापानी समाचार पत्र को बेच दी।

भारत में अनुलिपि प्रणाली सन्1969 में 'हिंदू' समाचार पत्र में प्रारंभ की। हिंदू अखबार के पृष्ठ480 किलोमीटर दूर कोयंबटूर में संप्रेषित किये गये। बाद में इस अखबार ने सन्1970 में बंगलौर के लिए दूसरा अनुलिपि संस्करण प्रारंभ किया। इसमें संप्रेषण के लिए कोएक्सिएल प्रणाली के जरिए12 चैनल का टेलीफोन परिपथ प्रयुक्त होता है। यह संप्रेषण सूक्ष्मतरंग परिपथ के द्वारा भी संभव है।

पृष्ठ का प्रूफ ट्रांसमीटर के ड्रम पर लगा दिया जाता है और एक विद्युत स्केनर एक छोर से दूसरे छोर तक चलता है। टंकित सामग्री वाला पृष्ठ अर्धटोन चित्रों की अपेक्षा अधिक तेजी से संप्रेषित हो सकता है। जैसे जैसे वह घूमता है, पृष्ठ के श्वेत-

श्याम अंश विद्युत स्पंदनों में बदल जाते हैं और पुनः प्रकाश स्पंदनों में परिवर्तित हो जाते हैं। एक विशेष फिल्म पृष्ठ का बिंब ग्रहण करते हैं। बाद में मुद्रण की प्रक्रिया से गुजरते हैं। एक पृष्ठ के संप्रेषण में 6 से 9 मिनट तक का समय लगता है। (संपूर्ण टंकित सामग्री, सामग्री के अनुरूप या अर्धटोन चित्र) लगभग आधे घंटे में एक पृष्ठ, मुद्रण के लिए तैयार हो जाता है।

समाचार पृष्ठों के अलावा भी अनुलिपि प्रणाली के नये प्रयोग सामने आ रहे हैं। पुलिस इसका उपयोग अंगुलियों के निशान प्रेषित करने के लिए कर सकती है इससे अपराधियों को जल्दी पहचानने में पुलिस को सहायता मिलेगी। इसी तरह बैंक भी अनुलिपि का प्रयोग कर सकते हैं।

अनेक देशों ने अपने शहरों के बीच सार्वजनिक अनुलिपि सेवा प्रारंभ कर दी है। ग्राहक का दस्तावेज तार नेटवर्क के जरिए संप्रेषित कर दिया जाता है और गंतव्य स्थान पर प्राप्तकर्ताओं को उस दस्तावेज की प्रतियां वितरित कर दी जाती हैं।

दूरदर्शन और टेलिटैक्स

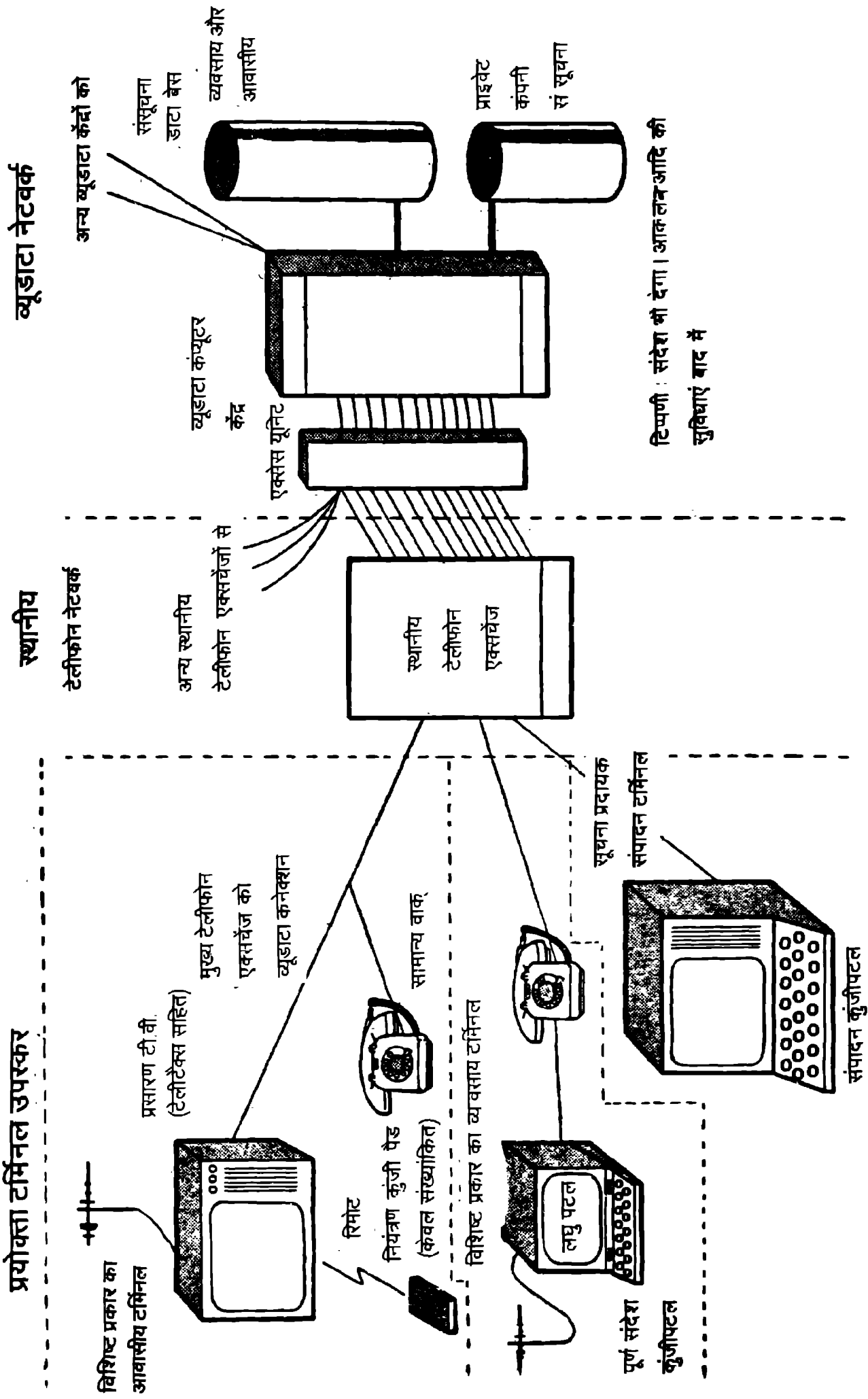
दूरदर्शन संकेतों के साथ सूचना संप्रेषण की तकनीकें विकसित कर ली गयी है। टी. वी. ट्रांसमिशन चित्र के लिए सभी 625 लाइनों का प्रयोग नहीं करता। प्रत्येक संप्रेषित क्षेत्र में (एक चित्र के लिए50)25 लाइनें ऐसी होती है जो चित्र संबंधी कोई सूचना वहन नहीं करतीं। इनमें से बहुत-सी लाइनें परीक्षण संकेतों को वहन करने हेतु प्रयोग की जाती हैं। टी. वी. रिसीवर में एक विशेष विकूटन यूनिट सूचना को दृश्य पैटर्न में परिवर्तित करती है। दि ब्रिटिश ब्रॉडकास्ट कॉर्पोरेशन ने1970 के दशक के प्रारंभ में सीफेक्स (सी. ई. ई. एफ. ए. एक्स.) नामक प्रणाली विकसित की, वीडियो संकेतों के अप्रयुक्त अंश के उपयोग में लाने के लिए। एक पृष्ठ में40 अक्षर की24 पंक्तियां प्रदर्शित हुईं। वास्तव में यह तकनीक 'साउंड इन सैनर्क' प्रणाली का जो कि प्रारंभ में, पृथक स्वर चैनल की बजाय स्टूडियो और ट्रांसमीटर के बीच, अंकीय रूप में टी.वी. की आवाज को वहन करने के लिए विकसित की गयी थी, का ही विस्तार थी। यू.के. में इंडिपेंडेंट ब्रॉडकास्टिंग ऑथारिटी ने ऐसी ही ओरेकल (आप्शनल रिसेप्शन ऑफ अनाउन्समेन्ट्स बाइ कोडेड लाइन इलेक्ट्रॉनिक्स) नामक प्रणाली विकसित की। इसका नाम यूनान के डेलफिक ओरेकल के नाम पर है जिसे लोगों ने संदेह का कारण माना। हां, आधुनिक संस्करण अवश्य ही केवल तथ्य सामने रखता है।

टेलीटैक्स नामक सेवा दूसरे देशों में भी विकसित है। यह अंटिओप (फ्रांस), टेलिडॉन (कनाडा) और कीफैक्स (यू.एस.ए) के नाम से जानी जाती है। ये सेवाएं अनिवार्य रूप से एकतरफा हैं। प्रयोक्ता का, दी गई सूचना पर सही अर्थों में कोई नियंत्रण नहीं है और वह मशीन के साथ अंतःक्रिया नहीं कर सकता।

वीडियोटेक्स—अनूठा मिश्रण

वीडियोटेक्स नामक एक नयी सुविधा, दूरदर्शन, टेलीफोन और कंप्यूटर सेवाओं को संयुक्त करने के लिए विकसित की गयी है। वीडियो टेक्स एक द्विपथीय प्रणाली है जो अपने प्रयोक्ता को 'टॉक बैंक' सुविधा प्रदान करती है ताकि कंप्यूटर के साथ अंतःक्रिया संभव हो सके। यह प्रणाली प्रयोक्ता को न केवल अपेक्षित सूचना का चयन करने की बल्कि डाटा के पुनर्निवेशन पर आधारित व्यापार करने का अवसर भी देती है। जो सूचना पुनर्प्राप्त की जा सकती है वह केवल मूल सामग्री तक ही नहीं बल्कि रंगीन बिंबों और आलेखों तक विस्तृत है। समाचार, खेल, कला और वाणिज्य सहित सूचना का विशाल क्षेत्र है जिसे साधारण टेलीफोन लाइनों के जरिए घरेलू टी.वी. के पर्दे पर प्रदर्शित किया जा सकता है। प्रेस्टॅल (यू.के.), विस्टा (कनाडा), टेलीटेल (फ्रांस) व्यूट्रान (यू.एस.) और कैप्टेन (जापान) इसके उदाहरण हैं। यह प्रणाली अनिवार्य रूप से होस्ट कंप्यूटर के लिए डाटा इंट्री संप्रेषण प्रदर्शन और हस्तस्थित विकूटक (चित्र 39) के माध्यम से उपलब्ध करवाती है।

यू.के. में ब्रिटिश डाकघर (अब ब्रिटिश दूरसंचार) द्वारा विकसित प्रेस्टॅल के नाम से जानी जाने वाली वीडियोटेक्स, इस क्षेत्र में विश्व का सर्वप्रथम विडियोटेक्स था जिसे 1976 में व्यावसायिक आधार पर चालू किया गया। प्रेस्टॅल प्रयोक्ताओं को टी. वी. सेट से जुड़े कम खर्च के 'एडेप्टर' युक्त कंप्यूटर से पलटकर बात करने की सुविधा प्रदान करता है। नियंत्रण यूनिट पर एक बटन दबाकर (फोन बिना उठाये) सूचना संदर्शन प्रारंभ हो जायेगा, चयनित ढंग से बदलेगा। जब उपयोग न हो रहा हो तो टेलीफोन सामान्य ढंग से कार्य कर सकता है। संचित सूचना, समाचार, खेल, वाणिज्य जैसे अनेक विविधतापूर्ण विषयों पर होती है। एक प्रेस्टॅल कंप्यूटर 1,200 से अधिक एजेंसियों द्वारा लगभग 3,20,000 फ्रेम या पृष्ठों की क्षमता का होता है। देश में ही और कंप्यूटरों से संयोजित करके प्रेस्टॅल प्रयोक्ता कंप्यूटर आधारित डाटा की पूरी क्षमता का लाभ उठा सकते हैं। प्रयोक्ता प्रेस्टॅल यूनिट के साथ अंतःक्रिया द्वारा, वांछित सूचना प्राप्त करने के अतिरिक्त सामान खरीदने का और बैंक संबंधी कार्य भी कर सकता है। एक बोलता वीडियोटेक्स भी विकसित कर लिया गया है। एक माइक्रोप्रोसेसर आधारित प्रणाली जो ब्रिटिश दूरसंचार द्वारा विकसित की गयी है। वीडियोटेक्स पृष्ठों को सही समय में अंधे व्यक्तियों के लाभार्थ, सांश्लेषिक वाक् में परिवर्तित कर देती है। वीडियोटेक्स की सामग्री को ब्रायल (Braille) में परिवर्तित करना भी संभव है।

ब्रिटिश दूरसंचार द्वारा विकसित 'सिटी ऑफ बिजनेस सिस्टम' भी टेलीफोन, डेट—अपुनर्प्राप्ति, कंप्यूटर एक्सेस और टेलेक्स प्रणालियों को संयोजित कर सकती है। इस प्रणाली में दृश्य संदर्शन इकाई और दो टेलीफोन हैंडसेट होते हैं। यह 10,000

चित्र-39 व्यू डाटा की रूपरेखा, जो प्रयोक्ता टर्मिनल उपस्कर, स्थानीय टेलीफोन नेटवर्क और कंप्यूटर बैंकों को दर्शाती है।

पृष्ठों तक की सामग्री जमा कर सकती है। सभी प्रचालन (फोन, चित्र को रोकने या मुक्त करने जैसे) दृष्य संदर्शन इकाई पर प्रकट होने वाली लेबिलित कुंजियों के 'फिंगर टिप' स्पर्श द्वारा नियंत्रित होते हैं। स्पर्श का पता, पर्दे की सतह पर अवरक्त किरणों की अदृश्य जाली के जरिए लगता है। यह प्रणाली प्रयोक्ता को सामान्य टेलीफोन कॉलों के अतिरिक्त अपने डीलरों या ग्राहकों से सतत संपर्क बनाये रखने की सुविधा देती है।

वीडियो संकेतों के संप्रेषण की नयी विधियां आश्चर्यजनक परिणामों के साथ विकसित हुई हैं। भिन्न भिन्न महाद्वीपों में बसे लोगों का आमने सामने होकर बैठक करना अब आम बात हो गयी है। अब भिन्न महाद्वीपों में दो प्राइवेट स्थानों में रंगीन वीडियो और ऑडियो संचार संभव है। संपर्कों को उपग्रह अथवा समुद्र तल के केबिलों के जरिए प्रचालित किया जा सकता है। यह सेवा पहले कनाडा और यू.के. के बीच और फिर यू.एस.ए. और यू.के. बीच प्रारंभ हुई। बाद वाला संपर्क अटलांटिक पार के केबिल, टी ए टी-7 के जरिए जाता है जबकि पहले मामले में, यह इंटॅलसेट उपग्रह के जरिए विकिसित किया गया था।

लंदन और न्यूयार्क के बीच वीडियो कान्फ्रेंस सेवा अंतर्राष्ट्रीय टेली कॉन्फ्रेंस सिंपोजियम के बाद चालू हुई। सर्वप्रथम सन् 1984 में साथ की साथ लंदन, टोकियो, सिडनी, टोरंटो और फिलाडेलफिया में आयोजित 'फोरम' में विश्वस्तर पर 2,000 से अधिक प्रतिनिधियों ने भाग लिया। ये प्रतिनिधि रंगीन टी.वी के माध्यम से अपने साथियों से सुनते और बोलते देख सकते थे।

विश्व की प्रथम डिजिटल अटलांटिक पार की वीडियो-कान्फ्रेसिंग सेवा सन् 1984 में लंदन और टोरंटो के बीच प्रारंभ हुई।

यह प्रणाली घरेलू स्तर पर भी प्रचालित होती है। लोगों के समूह बिना अपना कार्यालय छोड़े टी.वी. स्क्रीन के जरिए बैठकें आयोजित कर सकते हैं। यू.के में बैंकरों के एक समूह ने इस प्रणाली की सेवाओं का उपयोग करना प्रारंभ कर दिया है। यह प्रणाली किसी धर्म के वरिष्ठ प्रबंध अधिकारियों और कर्मचारियों को विभिन्न नगरों में प्रतिदिन संपर्क में रहने की सुविधा भी प्रदान कर सकती है।

ब्रिटिश दूरसंचार ने वीडियो संकेतों के संप्रेषण का मितव्ययतापूर्ण रास्ता निकाल लिया है। सामान्य टी.वी. संप्रेषण को 1,000 टेलीफोन का समकक्ष चाहिए। एक नवीन युक्ति जिसे वीडियो कूटक/विकूटक कहते हैं, एक फ्रेम से दूसरे फ्रेम में केवल चित्र के विषय में परिवर्तनों को संप्रेषित करके टी.वी. चित्र के अंकीय संकेतों पर दबाव डालता है। इसके लिए आवश्यक, घटी हुई बैंडविड्थ मात्र 2 मे. बिट प्रति सेकेंड या इससे कम होती है जो 30 टेलीफोन लाइनों के समकक्ष से कम किंतु अच्छी गुणवत्ता की होती है।

जापान में

ब्रॉडबैंड संप्रेषण लाइनों के जरिए चित्र संप्रेषण का प्रयोगात्मक उपयोग जापान में शुरू हो गया है। एक वीडियो रेसपोन्स प्रणाली (वी. आर. एस.) तब सृजित होती है जब वीडियो और साउंड फाइल सेंटर ब्रॉडबैंड संप्रेषण लाइनों के जरिए घरेलू टी.वी. सैट, वीडियो टर्मिनल या दाब बटन फोन जैसे गृह टर्मिनल से जुड़ता है। यह प्रणाली प्रयोक्ता को अनुरोध करने पर विविध प्रकार की सूचना संदर्शिकाएं और अध्ययन सेवाएं ग्रहण करने की छूट देता है। बी.आर.एस टर्मिनलों से 4 मे. हट्‌र्ज, ब्रॉडबैंड संप्रेषण लाइन द्वारा संयोजित होता है। यह विविध प्रकार की सूचनाएं जैसे वर्ण, अंक, चित्र, चलित चित्र और ध्वनि सूचना आदि भेजता है। कैप्टेन प्रणाली अंतः सक्रीय वीडियो सूचना प्रणाली है जो प्रयोक्ता को टेलीफोन लाइनों के जरिए टी.वी. के पर्दे पर वर्ण और आलेख सूचनाएं प्रदान करती है। कैप्टेन प्रणाली, सीट आरक्षण, बैंक खाते में शेष और दूर बैठे खरीदारी जैसी कंप्यूटर सेवाएं शामिल करने हेतु विकसित किया जायेगा। एक अन्य बढ़ता हुआ क्षेत्र अनुकृति (फेसिमिल) का है जो टेलीफोन नेटवर्क का प्रयोग करता है।

फ्रांस के टेलीमेटिक सेवाएं इलेक्ट्रॉनिक अंकीय एक्सचेंजों के जरिए उपलब्ध करायी जाती है। नयी सेवा के क्षेत्र के उपभोक्ता को, जिनके पास विशेष सेवा देने हेतु ये युक्तियां हैं, इस नयी सेवा पर नियंत्रण रखना पड़ता है। इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज (ई10) का डिजाइन इन 'चुस्त पर्यवेक्षकों' से संपर्क करने के लिए तैयार किया गया है। यह विधि कंप्यूटरीकृत टेलीफोन डायरेक्टरी, वीडियोटैक्स चलित सैल्यूलर रेडियो फोन और अंतःकंपनी संचार के लिए उपग्रह संपर्क हेतु पहले से उपयोग में आ रही है।

सिंगापुर ने टेलीव्यू नामक अपनी ही वीडियोटैक्स सेवा तैयार की है जो टेलीफोन नेटवर्क और उच्च-आवृति रेडियो दोनों का ही उपयोग करती है। टेलीफोन लाइन पर दिये गये निर्देश और वांछित सूचना अति उच्च आवृति रेडियो द्वारा वापस भेजी जाती है।

दूरलेखन (टेलीराइटिंग) एक अन्य प्रकार की सेवा है जिसके द्वारा आवाज आरेखण या हस्तलिखित सूचना टेलीफोन लाइनों का साथ ही साथ उपयोग करते हुए दी जा सकती है। एक इलेक्ट्रॉनिक नोट पैड तथा एक ही दृश्य संदर्शन इकाई का प्रयोग, सूचना संप्रेषण के लिए किया जाता है। यह सेवा नीदरलैंड में उपयोग में आती है।

अनुकृति (फेसिमिल) टेलेक्स, वीडियोटैक्स और दूरलेखन (टेलीराइटिंग) भी टेलीमेटिक सेवाओं के नाम से जानी जाती हैं और चूंकि इनके प्रयोग में वृद्धि हो रही है, इन्हें कौशलपूर्ण ढंग से प्रचालित करने के लिए अंतर्राष्ट्रीय मानक अपनाना अनिवार्य हो जाता है।

केबिल टेलीविजन

टेलीविजन का एक नया रूप जो जीवन शैलियों में क्रांति ला सकता है वह केबिल टेलीविजन है। ऐसे स्थानों में जहां सामान्य साधनों की सहायता से पहुंचना कठिन है वहां टी.वी. का प्रावधान करने हेतु इसे प्रारंभ किया गया था। केबिल टी.वी. संकेतों को घरों तक ले जाते हैं।

ऐसे केबिलों का आवर्धन किया जा सकता है। घरों में टेलीफोन वार्ता के लिए प्रदत्त3,000 हट्र्ज की बैंड चौड़ाई के विरोध में3,00 मे. हट्र्ज से अधिक बैंड चौड़ाई उपलब्ध कराये जाने की संभावना है। बढ़ी हुई क्षमता20 टी.वी. चैनल संप्रेषित कर सकती है। इस प्रकार दर्शकों को कार्यक्रम चयन का अवसर दिया जा सकेगा। मौजूदा टी.वी. से भिन्न केबिल टी.वी. एक द्विमार्गी प्रक्रिया युक्त हो सकता है इससे अधिक और क्या होगा। यह 'अन्योन्य क्रियात्मक' टी.वी. भी कहलाता है जो दर्शक को न केवल कार्यक्रम चुनने की पहल करने का बल्कि विविध प्रकार की सूचना प्राप्त करने का अवसर भी प्रदान करता है।

वायुमंडल आधारित टेलीविजन, संकेतों की अल्प संख्या तक सीमित है। ऐसा न होता तो संकेतों में परस्पर व्याघात उत्पन्न होता। किंतु केबिल टेलीविजन अधिक चैनल प्रदान कर सकेगा। केबिल टी.वी. के जरिए संभव होने वाली सेवाओं की श्रेणी असीमित प्रतीत होती है। इसके माध्यम से विद्यालयीय शिक्षा, सांध्य कालीन प्रौढ़ कक्षाओं तथा पत्राचार पाठ्यक्रमों की व्यवस्था की जा सकती है। जिस प्रकार टेलीफोन ने क्रियाशील जीवन का स्वरूप बदल दिया है, ठीक वैसे ही केबिल टी.वी. घर बैठे व्यापार संचालन के नये अवसर प्रदान कर सकता है। दर्शक अपनी रुचि के अनुसार टी. वी. पटल पर प्रदर्शित समर्पित समाचार पत्र प्राप्त कर सकेंगे। वे कुछ बटन दबाकर, पहली बार में प्रस्तुत किये गये समाचार पत्रों से और अधिक सूचनाएं प्राप्त कर सकेंगे। दूसरे शब्दों में, उपलब्ध समाचार उप संपादक द्वारा बिना काट छांट के होता है। दर्शकों की पहुंच समाचारों के विपुल भंडार में होती है। पुस्तकालयों, रेल और हवाई जहाज से यात्रा के आरक्षणों, बिना नकद रुपया दिये व्यावसायिक कार्य आदि करना तथा मनोरंजन संबंधी सूचनाएं उपलब्ध होना केबिल टी.वी. सेवाओं की कुछ अन्य विशेषताएं हैं।

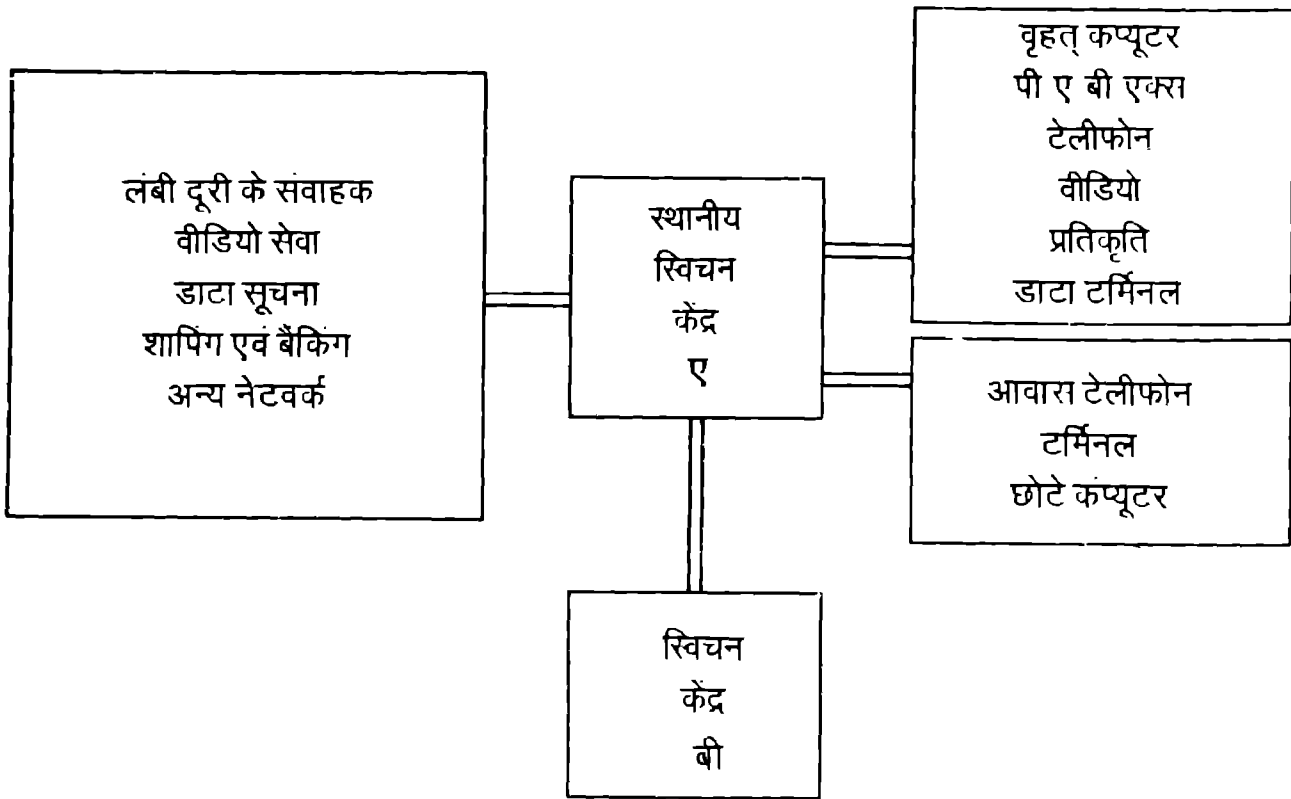
इसमें प्रतिबंधित दृश्य-प्रस्तुति भी संभव है। प्रबंधक या व्यवस्थापक अपने ऐसे सम्मेलन आयोजित कर सकते हैं जो दूसरे टी.वी. सेटों पर दिखलायी न दे। इसी प्रकार डॉक्टर अपने रोगियों के साथ सलाह कर सकते हैं। मनोरंजन की दृष्टि से टी.वी. पर विशेष फीचर केवल उनके लिए प्रदर्शित किया जा सकता है जो उसके लिए भुगतान करें।

निश्चय ही, कुछ संभावनाएं तो अत्यंत और शायद कुछ तो अधिक ही नाजुक प्रतीत होती हैं। किंतु संचार की रेखाएं जो तकनीकी दृष्टि से किसी भी व्यक्ति या समूह को उपलब्ध करवायी जा सकती हैं, वे विचारों की स्वतंत्र अभिव्यक्ति वाले प्रजातांत्रिक समाज को निश्चय ही बल प्रदान करेंगी। लोगों के कुछ समूह अपने विचारों को प्रसारित करने हेतु किराये पर समय ले सकते हैं। वस्तुतया चुने गये प्रतिनिधियों और घरों में बैठे उनके निर्वाचकों के बीच वीडियो सम्मेलन उन्हें लोगों से संपर्क रखने और उनकी समस्याएं समझने के लिए एक नया साधन प्रदान कर सकेगा। अंततोगत्वा, 'ओवर-दि-एयर' टी.वी. द्वारा प्रारंभ की गयी संचार क्रांति को कोएक्सियल केबिल द्वारा संचालित टी.वी. पूर्णता प्रदान कर सकेगा।

20

डिजिटल युग

दूरसंचार के क्षेत्र में डिजिटल प्रौद्योगिकी के कारण संसूचना निपटान के संदर्भ में भारी परिवर्तन हुआ है। इस तकनीक का संकेत विकूटन, बैंडविड्थ में घटोतरी स्विचन और सूचना-भंडारण जैसे क्षेत्रों में उत्तरोत्तर उपयोग बढ़ रहा है। डिजिटल प्रौद्योगिकी ने प्रणाली को पर्याप्त विश्वसनीय बनाया है।

टेलीफोन नेटवर्क वाक् को एनालॉग संकेतों के रूप में निपटान के लिए विकसित किया गया है। नेटवर्क, कंप्यूटरों जिनकी संख्या और जटिलता वृद्धि पर है; से डाटा संप्रेषण के लिए अपेक्षित अधिक बिट दर को संभालने में असमर्थ है। टेलेक्स और अन्य निस्वर सेवाओं के लिए पृथक नेटवर्क विकसित किये गये हैं। अब चूंकि सभी सूचना को चाहे फिर वह आवाज, डाटा टेक्स्ट फेसिमिल हो या दूरदर्शन, द्विआधारी संख्याओं में घटाना संभव है। इन्हें एक संघटित नेटवर्क में ज्यादा कुशलता से संभाला जा सकता है जिसमें संप्रेषण, स्विचन और संसाधन अंकीय और संघटित हो सकते हैं और परियात का निपटान कर सकते हैं। संघटित सेवा अंकीय नेटवर्क (आई. एस. डी. एन.) के नाम से जानी जाने वाली यह तकनीक दूरसंचार के क्षेत्र में अत्यंत लोकप्रिय 'नवोचार' सिद्ध हुई है। (चित्र 40) अनेक देश कुछ आई. एस. डी. एन. जैसी प्रणाली की योजना बना रहे हैं अथवा लागू कर रहे हैं। भारत में भी डिजिटल प्रौद्योगिकी सोपानों में चालू की जा रही है। आई. टी. यू. की टेलीफोन और तार परामर्श समिति (सी. सी. आई. टी. टी.) ने विनिर्देशो का एक सैट (लगभग 10,000 पृष्ठों में) उपलब्ध करवाया है जो डिजिटल टेलीफोन नेटवर्क शिल्प के लिए अंतर्राष्ट्रीय मानक के रूप में स्वीकृत है। आई. एस. डी. एन. योजना का अधिकांश भाग सन् 1984 में अपना लिया गया था। इसके लिए नियमित टेलीफोन लाइनों की दरकार होती है जो आवाज या कंप्यूटर डाटा संकेतन सूचना या डाटा के लिए धीमी गति के स्पीड चैनलों दोनों से युक्त 'डिजिटल प्रवाह' के लिए 'पाइपों' में परिवर्तित होने हेतु एनालॉग संकेतों को वहन करती हैं। इसके अतिरिक्त परिष्कृत संकेतन प्रणाली टेलीफोन स्विचन केंद्रों को परस्पर वार्ता का अवसर देती है। इसके परिणामस्वरूप टेलीफोन नेटवर्क आवाज

चित्र-40. संघटित सेवा अंकीय नेटवर्क : भविष्य का मानकीकृत नेटवर्क जिसमें कंप्यूटरों के लिए बिना विशेष तारों के अथवा आवाज और डाटा को बिना परिवर्तकों के संभालने हेतु नियमित टेलीफोन लाइनें बिटों के प्रवाह के नेटवर्क में परिवर्तित कर दी जायेंगी। यह नेटवर्क डाटा और संप्रेषण जैसी कई नयी सेवाएं उपलब्ध करवा सकेगा। परिष्कृत संकेतन स्विचन केंद्रों से संपर्क स्थापित करेगा।

और डाटा को, एनालॉग से डिजिटल या फिर इससे उलट अथवा कंप्यूटरों के लिए विशेष तार के लिए 'मोडम' जैसी युक्तियों के बिना ही पूरी कुशलता के साथ संभाल सकता है। यह नेटवर्क ग्राहकों को बहुत सी नयी विशिष्टताएं उपलब्ध करायेगा।

सभी सूचनाओं को अंकीय रूप में निपटाने हेतु इकहरा बहुउद्देशीय नेटवर्क हो इसके लिए डिजिटल एक्सचेंज आवश्यक होंगे ताकि वे कंप्यूटरों द्वारा नियंत्रित विद्युत यांत्रिकीय स्विचों के स्थान पर इलेक्ट्रॉनिक परिपथ उपलब्ध करवा सकें। डिजिटल एक्सचेंजों के द्वारा विविध प्रकार की सेवाएं प्रदान करना संभव है यह जानने के लिए ब्रिटिश अनुभव इसका उदाहरण है। यहां स्विचस्ट्रीम, मोगास्ट्रीम, किलोस्ट्रीम और सैटस्ट्रीम नामक चार डाटा सेवाएं प्रचालित हो रही हैं। स्विचस्ट्रीम का डिजाइन अस्वर संचार के लिए किया गया है और यह प्रति सेकेंड सूचना की 48,000 बिटें संभाल सकता है। इससे साख कार्डों की, लाइन पर डाटा की पुनर्प्राप्ति तथा रिमोट ऑर्डर संसाधन की शीघ्रता से जांच हो सकती है। मेगास्ट्रीम' निजी व्यापार एक्सचेंज के लिए स्थल से स्थल तक सेवा प्रदान करने के लिए है और आवाज एवं डाटा वेग संयुक्त रूप में अथवा एक वीडियो कान्फ्रेंस (प्रति सेकेंड बीस लाख बिटों की दर से) को संभाल सकती है, 'किलोस्ट्रीम' कम बिट दरों का प्रावधान करती है। 2,400 बिटें

प्रति सेकेंड दूरमुद्रक के लिए,4,800 बिटें स्लो-स्कैन टी.वी. एवं साक्ष कार्ड जांच के लिए,9,600 बिटें तीव्र गति की अनुकृति (फेसिमिल) के लिए,48,000 बिटें तीव्र गति डाटा के लिए तथा64,000 बिटें स्वर चैनलों के लिए। सैटस्ट्रीम, छोटी डिश के एरियल प्रयोग करने वाली फर्मों के लिए प्राइवेट उपग्रह संपर्क उपलब्ध कराता है। स्थल से बहुस्थल तक की सेवा, विभिन्न महाद्वीपों में, विभिन्न शहरों में एक साथ संस्करण निकालने वाले अखबारों और बहुत से स्थलों तक डाटा स्थानांतरण की जरूरत अनुभव करने वाले बैंकों और अन्य संगठनों के लिए उपयोगी है।

तीन कारक

तीन बड़े विकास ने अंकीकरण को बेहद प्रोत्साहन दिया है। प्रथम, बड़े पैमाने के संघटित परिपथों के विकास से इलेक्ट्रॉनिक स्विचन, डाटा संचार संकेत संसाधन एवं टर्मिनल युक्तियों के नियंत्रण की शक्ति और मिश्रण में वृद्धि हुई है। स्टेट-ऑफ-द-आर्ट संसाधक प्रौद्योगिकी और डिजाइन पर आधारित बड़ी क्षमता वाली 'स्मृतियों' ने काफी बड़ा परिवर्तन किया है।

द्वितीय अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी बढ़े हुए मिश्रित रूप ने उपग्रहों के साथ संपर्क करने के लिए छत पर लगने वाली सरल डिशों के उपयोग को संभव बना दिया है। लघु डिश एरियल ने अंतर्राष्ट्रीय व्यापार को नया आयाम दिया है। यह डिश लचीली, शीघ्र और विश्वसनीय उपग्रह सेवा सुलभ करती है जबकि डिजिटल प्रचालन एक ही संप्रेषण पथ पर संघटित होने वाली वाक् टेलेक्स, फेसिमिल और डाटा कई विभिन्न सेवाएं उपलब्ध कराता है। अब उपग्रह द्वारा उपलब्ध करवाये गये डिजिटल संपर्कों पर आवाज और डाटा संघटित करना आम बात हो गयी है।

तृतीय, विविध प्रकार की सेवाओं के लिए बैंडविड्थ उपलब्ध करवाते हुए प्रकाश तंतु प्रौद्योगिकी प्रचालित हो गयी है जो पहले संभव नहीं थी। यद्यपि प्रकाशीय तंतु के विकास की लागत उचित है तथापि इसकी कुशलता और क्षमता को देखते हुए आगे चलकर यह प्रौद्योगिकी अपेक्षाकृत सस्ती हो जायेगी।

जिस प्रकार टेलीफोन ने हमारी संचार व्यवस्था के क्षेत्र को स्थायी रूप से विस्तृत किया है। उसी प्रकार दृश्य युक्तियों का आविष्कार दुनिया के हमारे अनुभव को समृद्ध बना रहा है। वास्तव में, अनेक क्षेत्रों में विचार विनिमय संबंधी मुद्रित शब्दों की अपेक्षा दूरदर्शन ज्यादा प्रभावी सिद्ध हो रहा है। सीमित श्रव्य संप्रेषण से दृश्य संप्रेषण में परिवर्तन एक नये युग का सूत्रपात करेगा। तब कई नयी सेवाओं को शुरू करना संभव होगा जैसे अंतःसक्रिय वीडियो प्रणाली, कंप्यूटर द्वारा शिक्षा, इलेक्ट्रॉनिक बैंकिंग और दूर बैठे खरीदारी टेली कॉन्फ्रेंसिंग, इलेक्ट्रॉनिक डाक तथा समाचार पत्र, सुरक्षा निगरानी तथा वीडियो मनोरंजन।

भविष्य के दृश्य का यह अर्थ नहीं है कि डिजिटल प्रौद्योगिकी आज की आवश्यकताओं के लिए विकासशील देशों में जरूरी नहीं है। वास्तव में डिजिटल प्रौद्योगिकी ग्रामीण क्षेत्रों के लिए भी समुचित प्रौद्योगिकी मानी गयी है। यह प्रौद्योगिकी ग्रामीण क्षेत्रों को आधुनिक संचार नेटवर्क में छलांग मारने का अवसर प्रदान करती है।

उभरती प्रवृतियां

विशेषज्ञों ने तेजी से बढ़ते हुए संचार के इस क्षेत्र में कुछ उदार प्रवृतियां उभरती देखी हैं। सर्वाधिक महत्वपूर्ण स्विचन प्रौद्योगिकी में ऐसा परिवर्तन होगा जहां विद्युत यांत्रिकीय प्रणालियां, कंप्यूटरों द्वारा नियंत्रित इलेक्ट्रॉनिक प्रणालियों के आगे समर्पण कर देंगी। समय विभाजन स्विचन पर आधारित डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज स्पेस विभाजन पद्धति पर काम करने वाली एक्सचेंजों का काम अपने ऊपर ले लेंगी। स्विचन में कंप्यूटरों के बढ़ते हुए उपयोग से एक्सचेंजों की लोच विश्वसनीयता और कुशलता में वृद्धि होगी और प्रबंध कार्य में सुधार होगा तथा उपभोक्ता के संतोष के नये स्तर उभरेंगे।

स्विचन प्रौद्योगिकी में परिवर्तन के अनुसार ही संप्रेषण प्रणाली भी बढ़े हुए रूप में अंकीय हो जायेगी। अधिकाधिक मार्गों पर पल्स कोड मॉड्युलेशन की शुरुआत हो जायेगी। आवृति विभाजन के आधार पर, कोएक्सियल केबिल प्रणाली (वर्तमान में60 मे. हट्‌र्ज तक काम करते हुए10,800 टेलिफोन चैनल का वहन करती है) की बैंडड्थ में वृद्धि करने हेतु अनुसंधान कार्य चल रहा है। ऐसे ही प्रयास सूक्ष्म तरंग प्रणाली की क्षमता में वृद्धि करने हेतु किये जा रहे हैं जो आज की मौजूदा स्थिति में तो2,700 स्वर आवृति समकक्ष चैनलों को वहन कर सकती है। कुछ क्षेत्रों में उपभोक्ता लाइनों में चौड़ी बैंड की क्षमता प्रदान की जायेगी। क्षीण परियात वाले क्षेत्रों की आवश्यकता पूर्ति के लिए भी उपग्रह संप्रेषण का बढ़े हुए स्तर पर उपयोग किया जायेगा। नेटवर्क ऑपरेटर के पास ऐसे साधन होंगे कि आवश्यक होने पर वे उपग्रह से संपर्क करके परियात को दूसरी दिशा में मोड़ दें या उसमें वृद्धि कर दें। उपग्रह भी स्थल से स्थल तक मात्र संप्रेषित संकेतों के प्रति बिंबक बनकर ही कार्य नहीं करते रहेंगे बल्कि साथ साथ स्विचन कार्य भी करेंगे।

संचार टर्मिनल, स्विचन और संप्रेषण की नयी विधियों के परिणामस्वरूप नवाचारों को प्रदर्शित करेंगे। कलाई घड़ी की भांति टेलीफोनों का उपयोग लंबे अर्से तक वैज्ञानिक जिज्ञासा मात्र नहीं बना रहेगा, वहनीय और चलित फोनों से यह प्रवृति स्पष्ट तौर पर उजागर हो गयी है। सेल्युकर रेडियो ने, ऐसे संपर्कों के प्रचालन में आवृतियों में आने वाली संकुलता की एक आधारभूत समस्या को हल कर दिया है। स्वयं टेलीफोन

सेवा में, संक्षिप्त डायलन (प्रत्येक उपभोक्ता लाइन के लिए आसानी से80 नंबरों) तक भंडारित कॉल सुविधा (सुनायी गयी पार्टी के व्यस्त होने पर स्वचालित 'मुझे जगा देना' काल) जो एक दिन पहले दर्ज करवाये जा सकते हैं, 'मेरा अनुसरण करो' कॉल (उनके लिए जो कार्यालय या घर से बाहर जा रहे हों) बदनीयति से किये गए कॉल, बात करने वाले को 'प्रतीक्षा कॉल' देने तथा 'प्रतिबंधित पहुंच' जैसी नयी सेवाएं अपने में समाविष्ट कर सकती है। दूरदर्शन का पर्दा प्रयोक्ताओं और मीडिया प्रचालकों के बीच द्विमार्गी संचार के आविर्भाव से मनोरंजन उपलब्ध करवाने के अतिरिक्त सतत सूचना का जरिया भी बन सकता है। हवाई और रेल यात्राओं में एक लाइन आरक्षण बैंकिंग सूची और उत्पादन नियंत्रण जैसी नयी सेवाएं गजब की गति और पूर्ण शुद्धता के साथ सर्वथा नयी शैली में संपन्न की जायेंगी। कार्यालय के प्रकार्य एवं व्यापार संचार के क्षेत्र में नये साधन होंगे जो चार्टों और आरेखों सहित दस्तावेजों का शीघ्र और सही संप्रक्षेण करेंगे।

क्या आइ.एस.डी.एन. अनिवार्य है ?

यद्यपि आइ. एस. डी. एन. की कल्पना सिद्धांतया स्वागत योग्य है, अनेक प्रेक्षकों का प्रश्न होता है कि क्या कृत्रिम आवश्यकताओं को उत्पन्न करने का खतरा है? किसी का मत है कि आइ. एस. डी. एन. एक नवचार है जिसकी उपभोक्ताओं को आवश्यकता नहीं है। क्या टी. वी. के30 चैनल उपलब्ध करवाना आवश्यक है? एक साधारण ग्राहक को यदि इतनी वृहत् क्षमता प्रदान की भी जाये तो वह उसका क्या करेगा?

चुनौती का एक हिस्सा इस तथ्य में निहित है कि यथार्थ रूप में अनुमान लगाया जाये कि वस्तुतया बाजार की अपनी क्या आवश्यकता है? विकासशील दुनिया के विशाल क्षेत्र में कोई आधारभूत दूरसंचार सेवा नहीं हैं। यहां न केवल टेलीफोन के घनत्व में वृद्धि पर जोर देना होगा बल्कि आधारभूत सेवाओं तक पहुंच पर भी जोर देना होगा। साथ ही, बढ़ती हुई अर्थव्यवस्था की जरूरतों की अवहेलना भी नहीं की जा सकती। बहुत से विकासशील देशों में, टेलीटेक्स्ट, बैंकिंग के लिए अंतः सक्रीय नेटवर्क, रेल/हवाई आरक्षण, प्रयोगशालाओं, कंप्यूटर संपर्क और वीडियो संप्रेषण जैसी नयी सेवाओं के लिए मांग बढ़ रही है। पुरानी पड़ गयी प्रौद्योगिकी से लदे रहने के बावजूद ऐसे क्षेत्र ने नये 'डिजिटल युग' में प्रवेश करने की अपनी सहमति व्यक्त की है। विकासशील देशों की जलवायविक शक्ति तथा अन्य दशाओं के संदर्भ में, किसी भी नयी प्रौद्योगिकी की विश्वसनीयता होनी ही चाहिए। नयी तकनीकों को इतनी जल्दी नाकारा करार नहीं देना चाहिए। इसमें आश्चर्य की कोई बात नहीं है कि अधिकतर विकासशील देशों में पुरानी और नयी तकनीकों का कौशलपूर्ण ढंग से सहअस्तित्व बनाये रखा जाना चाहिए क्योंकि आइ.एस.डी.एन. जैसी नयी प्रौद्योगिकियों को पूरी

तरह और तुरंत अपना लेना अधिकतर विकासशील देशों के लिए व्यावहारिक नहीं है। विकासशील जगत में आइ.एस.डी.एन. का विकास, दो तीन वर्षों में ही करने की अपेक्षा प्रगामी रूप से कुछ दशकों में करना संभव हो सकता है।

इस परिवर्तन को लंबा खींचने की जरूरत नहीं है। यह माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक्स में होने वाली क्रांति, दूरसंचार में प्रयुक्त होने वाली कई युक्तियों की लागत में कमी आयी है यहां तक कि इसकी क्षमता, घातीय रूप में बढ़ती है। आइ.टी.यू. के एक अध्ययन (1986) में इस बात की ओर संकेत किया गया है कि विकासशील देशों में वाणिज्यिक आधार पर दूरसंचार सेवाएं उपलब्ध करवाना विकास के लिए प्रेरक सिद्ध होगा। बढ़ते हुए राजस्व में आये मोड़ से अधिकतर दूरसंचार प्रशासन वित्तीय आत्मनिर्भरता को लक्ष्य बनाकर अच्छा कार्य करेंगे बशर्ते उन्हें बाहर से चयनित सहायता मिले। वस्तुतया बहुत से विकासशील देशों ने दूरसंचार क्षेत्र का विनियमन करके, इस क्षेत्र की सेवाएं और उत्पादन उनके हाथों में सौंपने के लिए निजी उद्यमों को प्रेरित करना प्रारंभ कर दिया है। इसके परिणाम सामान्यतया उत्साहजनक रहे हैं।

आई.टी.यू. की भूमिका

प्रौद्योगिक प्रगति, प्रौद्योगिकी के ही व्यवस्थापकों की निर्णय लेने की गति से भी तीव्र गति से हो रही है। दूरसंचार के विभिन्न संयुक्त राष्ट्रों की विशेष एजेंसी के रूप में आई.टी.यू. सही निर्णयों को बढ़ावा देने के लिए अहम भूमिका निभाती है। आई.टी.यू. सबसे पुराने अंतर्राष्ट्रीय संगठनों में से एक है। सन् 1865 में गठित अंतर्राष्ट्रीय तार यूनियन के स्थान पर सन् 1932 में इसका गठन हुआ।

आज, आई.टी.यू. के अंतर्गत तीन समितियां हैं, अंतर्राष्ट्रीय तार और टेलीफोन परामर्श समिति (सी.सी.आई.टी.टी.) अंतर्राष्ट्रीय रेडियो परामर्श समिति (सी.सी.आई.आर.) तथा अंतर्राष्ट्रीय आवृति पंजीकरण बोर्ड (आई.एफ.आर.बी.) जो आवृति सेक्ट्रम का नियमन करती है। 1947 में आई.टी.यू.रा. की विशिष्ट एजेंसी बन गयी।

आई.टी.यू. का उद्देश्य अनिवार्य रूप से तिहरा है। जैसे सभी प्रकार के दूरसंचार के सुधार ओर तर्कसंगत प्रयोग के लिए अंतर्राष्ट्रीय सहयोग बनाये रखते हुए उसका विस्तार करना, दूरसंचार सेवाओं की कार्य कुशलता में सुधार लाने की दृष्टि से तकनीकी सुविधाओं के विकास तथा अत्यंत कुशल प्रचालन को बढ़ावा देना, लोगों के लिए जहां तक संभव हो इन सेवाओं की उपादेयता में वृद्धि करना तथा विभिन्न राष्ट्रों द्वारा इन समान लक्ष्यों को प्राप्त करने की दिशा में की गयी कार्यवाही में सामंजस्य स्थापित करना।

इन लक्ष्यों के अनुरूप आई.टी.यू., यू.एन.डी.ए. के समय विभिन्न देशों को सहायता प्रदान करती है। इसका एक महत्त्वपूर्ण उदाहरण किसी क्षेत्र की आवश्यकताओं के

अनुकूल आधुनिक तकनीकों की उन्नति और उनके विस्तार हेतु नयी दिल्ली में उच्च स्तरीय दूरसंचार परीक्षण केंद्र (ए.एल.टी.टी.सी.) की स्थापना करने का है। आई.टी.यू. के तत्वावधान में भारत विभिन्न देशों को विशेषज्ञों की सेवाएं प्रदान करता है तथा दूसरे देशों के इंजीनियरों को प्रशिक्षण सुविधाएं भी देता है।

सही निर्णयों को बढ़ावा देने के लिए संयुक्त राष्ट्रों के दूरसंचार के विशेष अभिकरण के रूप में आई.टी.यू. अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। आई.टी.यू. सबसे प्राचीन अंतर्राष्ट्रीय संगठनों में से एक है।

सार्वभौमिक दूरसंचार विकास की गति को बढ़ावा देने का आइ.टी.यू. का निर्धारित उद्देश्य एक बड़ी चुनौती है। विश्व स्तरीय दूरसंचार विकास के लिए स्वाधीन आयोग की रिपोर्ट 'दि मिसिंग लिंक (आई.टी.यू. सन् 1985) में उल्लेख है," विश्व के 600 मिलियन टेलीफोनों में से तीन चौथाई नौ देशों में हैं और शेष टेलीफोन दुनिया के बाकी हिस्सों में विषम रूप से वितरित हैं। दूरसंचार को स्वतः ही आर्थिक, वाणिज्यिक, सामाजिक एवं औद्योगीकृत देशों में सांस्कृतिक गतिविधि तथा विकास के इंजन के रूप में, प्रमुख कारक मान लिया गया है जबकि अधिकतर देशों में दूरसंचार प्रणाली अनिवार्य सेवाओं के लिए भी पर्याप्त नहीं है, बहुत से क्षेत्रों में तो यह प्रणाली है ही नहीं।

परिशिष्ट-1

दूरसंचार के लिए विद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम के प्रयोग

100 हर्ट्ज–10 कि. हर्ट्ज

टेलीफोन/टेलीग्राफ/संकेतन

डायलन/मंदगति डाटा,संगीत

10 कि. हर्ट्ज–100 कि. हर्ट्ज

रेडियो जहाजरानी मेरीटाइम

रेडियो अवस्थिति

रेडियो जहाजरानी

100 कि. हर्ट्ज–1 मे. हर्ट्ज

लोरन सी

मेरीटाइम

रेडियो संकेतक

वैमानिकीय

रेडियो जहाजरानी

लोरन डी मोबाइल

प्रसारण

1 मे. हर्ट्ज–10 मे. हर्ट्ज

प्रसारण

संचार

लोरन स्थायी माड्यूल प्रसारण

गतिशील

वैमानिकीय

मेरीटाइम

प्रसारण

10 मे. हर्ट्ज–100 मे. हर्ट्ज

वैमानिकीय (स्थायी)

मेरीटाइम (स्थायी)

वैमानिकीय

प्रसारण (स्थायी)

भूमि गतिशील

इंस्ट्रूमेंट लेडिंग प्रणालियां

100 मे. हर्ट्ज–1,000 मे. हर्ट्ज (1 गि. हर्ट्ज)

वैज्ञानिकीय

मेट.उपग्रह

इंस्ट्रूमेंट लेंडिंग प्रणाली

रेडियो अवस्थिति

रेडियो जहाजरानी उपग्रह

1 गि.गा हर्ट्ज–10 गि.गा हर्ट्ज

वैमानिकीय रेडियो जहाजरानी

रेडियो अविस्थति

राडार

उपग्रह संचार

पृथ्वी के लिए

सूक्ष्मतंरग संचार

उपग्रह से उपग्रह तक संचार

10 गि.गा हर्ट्ज–40 गि.गा हर्ट्ज

रेडियो जहाजरानी

रेडियो अवस्थिति

स्थायी गतिशील

स्पेक्ट्रम के प्रयोगात्मक भाग में 40 गि.गा हर्ट्ज से उपर की आवृतियां सम्मिलित रहती हैं।

परिशिष्ट-2

सूक्ष्मतरंगों का अधिमिश्रण

सूक्ष्मतरंग मीनारों पर बेस बैंड रिपीटर सामान्यतया लघु और मध्यम कर्षण के लिए उपयोग में लाये जाते हैं। बेस बैंड में विभिन्न टेलीफोन चैनलों या संप्रेषित होने वाले वीडियो संकेत होते हैं। बेस बैंड संकेत (कह लें 4 मे. हर्ट्ज का) ध्वनिवर्धन के उद्देश्य से 70 मे. हर्ट्ज के इर्दगिर्द मध्यम आवृति में परिवर्तित किया जाता है। लगभग 70 मे. हर्ट्ज के संकेतों को वर्धित करके आवश्यक होने पर सूक्ष्म तरंग आवृति (जैसे 2,000 या 6,000 मे. हर्ट्ज) में उत्परिवर्तित किया जायेगा और संप्रेषित किया जायेगा।

सूक्ष्मतरंग आवृति में उत्परिवर्तन सूक्ष्म तरंग आवृतियों के निष्पादन ओर उन्हें मध्यम श्रेणी की आवृति के मिश्रण की प्रक्रिया द्वारा किया जाता है उदाहरण के लिए यदि 6,000 मे. हर्ट्ज आवृति संप्रेषित की जानी है तो सूक्ष्म तरंग स्रोत 5,930 मे. हर्ट्ज निष्पन्न करेगा और 6,000 मे. हर्ट्ज प्राप्त करने के लिए उसे 70 मे. हर्ट्ज के साथ मिश्रित किया जायेगा। प्राप्ति छोर पर सूक्ष्म तरंग आवृति पर संकेत नीचे माध्यमिक आवृति पर लाये जाते हैं जिन्हें वापस बेस बैंड संकेतों में परिवर्तित कर दिया जाता है।

जिस रिपीटर पर संकेतों को छोड़ने की आवश्यकता नहीं होती वहां सूक्ष्म तरंग कैरियर से बेस बैंड संकेतों को पकड़ने की भी जरूरत नहीं होती। यहां एक सूक्ष्म तरंग स्रोत, अंतःप्रवाहित आवृति से परे लगभग 70 मे. हर्ट्ज की स्थायी आवृति निष्पन्न करता है और मिश्रण के बाद लगभग 70 मे. हर्ट्ज की माध्यमिक आवृति प्राप्त करेगा जिसे वर्धित किया जायेगा। इसे, संप्रेषण के लिए सूक्ष्म तरंग आवृति प्राप्त करने हेतु दूसरे सूक्ष्म तरंग जनरेटर से उपलब्ध हुए 'निर्गत' के साथ मिश्रित किया जाता है।

बेस बैंड रिपीटर कम खर्चीले हैं किंतु दूसरे प्रकार के रिपीटर (संक्षेप में आई.एफ. नामक) शोर को न्यूनतम करके विशेष रूप से सुदूर वहन प्रणाली के लिए अच्छी कार्यक्षमता प्रदान करते हैं क्योंकि ये बेस बैंड को बिना अवमिश्रित किये संकेत आगे बढ़ाते हैं।

परिशिष्ट-3

सी-डॉट अंकीय स्विचन प्रणाली

भारत में विकसित ऐसी प्रणाली जिसमें टेलीफोन सेवाएं प्रदान की जा सकती हैं।

मूलभूत सेवाएं :

– उपभोक्ता डायलित कॉल
– दाब-बटन डायलन
– पी.बी.एक्स लाइनें (डी. आई. डी. हंटिंग)
– सेवा गुणवत्ता प्रेक्षण

त्वरित कॉल-स्थापना सेवाए :

– हॉट लाइन (टाइम्ड, डब्ल्यू/ओ टाइम आउट, मेल्डअप)

कॉल बुकिंग सेवाएं :

– अलार्म कॉल

कॉल प्रतिबंध सेवाएं :

– आने वाले/बाहर जाने वाले कॉल-रोधन

अनुपस्थित उपभोक्ता सेवाएं :

– घोषणाएं
– कॉल अग्रेषण
– मेरा अनुसरण करो

कॉल पूर्ण सेवाएं :

– स्वतः कॉल वापसी
– व्यस्त होने पर दिशा परिवर्तन
– कॉल प्रतीक्षा
– वरीयता उपभोक्ता
– ट्रंक ऑफर
– लाइन

कॉल शुल्क सेवा :

- सूचना सेवाओं के लिए शुल्क
- उपभोक्ता गृह-मीटर
- अवधि के लिए मुद्रित रिकॉर्ड
- उपभोक्ता मीटर प्रेक्षण
- शुल्क विकलन सेवाएं
- साख-कार्ड कॉल
- निःशुल्क फोन
- गुल्लकें
- संग्रह कॉल
- अमीटरित लाइनें

सूचना सेवाएं :

- विशेष सेवाओं के लिए प्रचालकों तक पहुंच यथा, डायरेक्टरी पूछताछ, रखरखाव, शिकायतें
- रिकार्ड की हुई घोषणाओं तक पहुंच यथा मौसम संबंधी भविष्यवाणी, समय सारिणी, परिणाम, कार्यक्रम, समय तिथि आदि

बहुपार्टी सेवाएं :

- कॉन्फ्रेन्स कॉल
- कॉल अवरोधन

मिलीजुली सेवाएं :

- आपातकालीन कॉल सेवाएं
- बदनीयती-कॉल पहचान
- कॉलिंग लाइन पहचान-पुष्टि के जरिए उ. ट्र. अ.
- कॉलिंग लाइन पहचान पुष्टि युक्त
- हिस्सा बांट सेवा

पारिभाषिक शब्दावली

अंकीय संकेत (डिजिटल सिगनल) : वह संकेत जो चालू/बंद स्पंदनों के रूप में सूचना ले जाता है।

अंतर्राष्ट्रीय तार एवं टेलीफोन परामर्श समिति (सी.सी.आई.टी.टी.) : इंटरनेशनल टेलीग्राफ एंड टेलीफोन कंसल्टेटिव कमेटी

अंतर्राष्ट्रीय रेडियो परामर्श समिति (सी.सी.आई.आर.) : इंटरनेशनल रेडियो कंसल्टेटिव कमेटी

अति उच्च आवृति (यू.एच.एफ./अल्ट्राहाई फ्रीक्वेंसी) : 300–3000 मे. हर्ट्ज के क्षेत्र में अति उच्च आवृति। (नियमित सूक्ष्म तरंग स्टेशनों के अस्तित्व में आने तक सामान्यतया कम परियात वाले मार्गों पर प्रयुक्त होने वाली आवृति)।

अनुलिपि (फेसिमिल) : वह तकनीक जिससे एक निश्चित दूरी पर उपलब्ध किसी दस्तावेज या चित्र की हू-ब-हू नकल उतारी जा सकती है।

अंक/वर्ण (करेक्टर) : अक्षर, अंक, संख्या, विराम चिह्न या संदेश में प्रयुक्त कोई अन्य चिह्न।

अंतर्राष्ट्रीय दूरसंचार संघ : आई.टी.यू./इंटरनेशनल टेलीकम्युनिकेशन यूनियन।

आई.एस.डी.एन. : (संघटित सेवा अंकीय नेटवर्क) भविष्य का अंकीय टेलीफोन नेटवर्क जो कंप्यूटरों के लिए बिना मॉडमो या विशेष तारों के भी आवाज और डाटा को संभाल सकता है और कई नयी सेवाएं प्रदान कर सकता है।

आउट ऑफ बैंड (आउट ऑफ बैंड संकेतन) : वह संकेतन पद्धति जिसमें सामान्य स्वर आवृति के बाहर की आवृति, संकेत सूचना के संप्रेषण के लिए प्रयोग की जाती है।

आधार बैंड (बेस बैंड) : कुल सूचना का प्रतिनिधित्व करने वाला, आवृतियों का वह योग, जो संप्रेषित किया जाता है।

आधार सामग्री (डाटा) : सामान्यतया युग्मांक के रूप में संप्रेषित की जाने वाली कोई भी सूचना।

आयन मंडल (आयनो स्फियर): आकाश स्थित रेडियो-परावर्तक (जिसका विस्तार लगभग 100 कि. मी. से 400 किलोमीटर है) जो भू-केंद्र से भेजी गयी रेडियो तरंगों को प्रतिबिंबित करता है।

आयाम (एंप्लीट्यूड मॉडूलेशन) : कैरियर आवृति की शक्ति या उसके विस्तार में, आगत संकेत के विस्तार के अनुरूप विविधता होती है। (आवृति माडुलन देखें)।

आवृति विभाजन (फ्रीक्वेंसी डिविजन मल्टीप्लेक्स) : यह संप्रेषण के लिए आवृति-क्रम में विभिन्न चैनलों को संयुक्त करने की सामान्य तकनीक है। दूसरी तकनीक समय-विभाजन मल्टीप्लेक्स (स.वि. म/टी.डी.एम.) कहलाती है, जिसमें वार्तालाप के कोडित नमूने समय पर जुटाये जाते हैं तथा विभिन्न चैनल, एक सामान्य संप्रेषण माध्यम के तहत अपने अपने हिस्से के समय का प्रयोग

करते हैं।

आवृति विविधता (फ्रीक्वेंसी डायवर्सिटी) : सूक्ष्म तरंग संपर्कों में एक ही सूचना प्रेषित करने के लिए दो विभिन्न आवृतियों के प्रयोग की पद्धति। एक अन्य पद्धति क्षितिज-विविधता कहलाती है, जिसमें एक ही आवृति पर संप्रेषण के दो या दो से अधिक परिपथ होते हैं।

इंटॅलसेट (इंटेल सेट) : अंतर्राष्ट्रीय दूरसंचार उपग्रह संगठन/इंटरनेशनल टेलीकम्यु. सेटेलाइट आर्गनाइजेशन।

उच्च आवृति संपर्क (हाई फ्रीक्वेंसी लिंक) : 3 और 30 मे. हर्ट्ज के मध्य लघु तरंग रेडियो संपर्क।

एनालॉग (एनालॉग) : वह विद्युत संकेत जो परिवर्तित होते, मापित भौतिक परिमाण का सहधर्मी हो।

एलांग (एलांग) : डेनमार्क के ए.के. एलांग के नाम से जानी जाने वाली परियात–भार की इकाई।

एस.पी.सी. इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज : संचित कार्यक्रम नियंत्रण इलेक्ट्रॉनिक एक्सचेंज, जहां प्रचालनात्मक कार्यक्रम इलेक्ट्रॉनिक 'समृति' में जमा किये जाते हैं।

कैरियर : वह इकहरी आवृति जो सूचना संप्रेषित करने के लिए मॉडुलित करने पर आवृति लैंड का रूप ले लेती है।

कोएक्सियल केबिल : मूलतया यह एक केबिल है जो काफी संख्या में टेलीफोन चैनलों को ले जाने के लिए, प्रयुक्त होने वाले बेलनाकार संवाहक के मध्य में इकहरे तारयुक्त होता है।

क्रमवीक्षण (स्केनिंग) : प्रकाश के प्रतिमान, जो कि एक निश्चित दूरी पर चित्र के संप्रेषण में सहायक होते हैं, में विविधता पकड़ने के लिए किसी चित्र या बिंब को पंक्ति दर पंक्ति देखने की प्रक्रिया।

क्रॉसबार एक्सचेंज : उभय नियंत्रण तत्वों वाला टेलीफोन एक्सचेंज जिसमें आड़ी और खड़ी शलाकाओं के प्रचालन द्वारा स्विच में "काटस्थल" बनाए जाते हैं।

गिगा हर्ट्ज : दस खरब हर्ट्ज

गैलियम आर्सेनाइड : दूरसंचार की नवीन युक्तियों तथा प्रकाशीय संप्रेषण प्रणालियों के लिए आदर्श एवं अनुकूल अर्ध संवाहक सामग्री।

घरेलू उपग्रह (होमेस्टिक सेटेलाइट) : किसी देश के आंतरिक संचार के लिए प्रयोग किया जाने वाला उपग्रह।

चतुष्पथी विविधता (क्वाड्रूपल डाइवर्सिटी) : वह विधि जिसके द्वारा एक ही रेडियो संकेत चार विभिन्न पथों पर इस एहतियात के साथ प्राप्त किया जाता है कि किसी भी पथ पर का संकेत क्षीण न होने पाये।

टर्मिनल : टेलीफोन, टी.वी. और डाटा प्रदर्शन-पट्टों जैसे, सिरे के उपस्करों के सामान्य नाम।

टेलेक्स : एक दूरमुद्रक एक्सचेंज प्रणाली जिसमें वांछित दूरमुद्रक को डायल करके संयोजित किया जा सकता है।

डेल्टा मॉडुलन (डेल्टा मॉडुलेशन) : स्पंदन कोड मॉडुलन से सरल, वाक् संकेतों के कोडीकरण की एक पद्धति।

तरंग गाइड (वेव गाइड) : एक पोला, बेलनाकार संवाहक जो सूक्ष्म तरंगों का मार्गदर्शन करता है।

तरंग दैर्घ्य (वेव लैन्थ) : रेडियो तरंग में परवर्ती लहरों के बीच की दूरी जो मीटरों में नापी जाती है।

दीर्घ तरंग (लांग वेव) : मंद आवृति तरंगें जो धरती के समानांतर चलती हैं।

दूरमुद्रक (टेली प्रिंटर) : संदेश भेजने और प्राप्त करने के लिए अपेक्षित, मुद्रण करने वाला टेलीग्राफ यंत्र।

नीकिस्ट दर (नीकिस्ट रेट) : वाक् तरंग को एक सेकेंड में 8,000 बार प्रतिदर्शित करने की दर, जो स्वर बैंड की अधिकतम आवृति की दोगुनी होती है (जिस विशेषज्ञ ने इसे विकसित किया उसके नाम पर इसका नामकरण किया गया है)।

परमाणीकरण (क्वांटाइजेशन) : उस स्थिति में यह स्पंदन कोड माडुॅलन ही है जब प्रतिदर्शित संकेत का आयाम विभेदक मूल्यों के वर्ग में निकटतम संख्या तक पूर्ण बनाया जाता है।

परिपथ : संयुक्त चैनलों; प्रस्थान और वापसी से युक्त दो स्थलों के बीच द्विमार्गी संचार साधन।

परिपथ स्विचन (सर्किट स्विचिंग) छोर से छोर तक, उद्गम एवं गंतव्य स्थानों के बीच संयोजन स्थापित करके संदेश या आधार सामग्री भेजने का तरीका।

पैकेट स्विचन (पैकेट स्विचिंग) : किसी संदेश अथवा आधार सामग्री को, लगभग 1,000 बिटों के पैकेट के रूप में अंश दर अंश भेजने की पद्धति, जिसमें गंतव्य पर भेजी गयी सूचना या संदेश की पुनर्रचना की जाती है।

प्रकाशीय तंतुक (ऑप्टिकल फाइबर्स) : अत्याधिक बारीक, विशुद्ध कांच के तंतुक जो संप्रेषण के दौरान प्रकाश तरंगों को बिना क्षति पहुंचाये, मार्गदर्शन करते हैं।

प्रक्रमक (प्रोसेसर) : एक विशेष अंकीय कंप्यूटर जो किसी इलेक्ट्रॉनिक टेलीफोन एक्सचेंज में कॉलों के स्विचन की सफल आयोजना करता है।

प्रतिकैरियर संकेत चैनल (एस.सी.पी./सिगनल चैनल प्रति कैरियर) : उपग्रहों से संपर्क करने के लिए कम परियात वाले भू-केंद्रों द्वारा प्रयोग की जानेवाली पद्धति।

बहु-आवृति संकेतन (मल्टी फ्रीक्वेन्सी सिंगनलिंग) : क्रॉस बार टेलीफोन एक्सचेंजों के बीच प्रयुक्त होने वाली संकेतन प्रणाली जिसमें डायल किये गये अंकों की 6 आवृतियों में से 2 आवृतियां चुनी जाती हैं।

बहुत उच्च आवृति (वेरी हाई फ्रीक्वेन्सी/वी.एच.एफ.) : 30 से 300 मे. हर्ट्ज के क्षेत्र में, चल-संचार के लिए आदर्श रूप से प्रयोग होने वाली रेडियो तरंगों द्वारा स्थापित बहुत उच्च आवृति संपर्क।

बिटें (बिट्स): 1 या 0 के युग्मांक जो सूचना को कोडित करने के लिए प्रयोग होते हैं।

बॉद (बॉड) : तार/दूरमुद्रक प्रचालन में गति को मापने का एक माप।

बेस बैंड संकेतन : संकेत का अपनी मूल आवृतियों पर संप्रेषण अर्थात अधिमिश्रण द्वारा अपरिवर्तित संकेत।

बैंड विड्थ : आवृति की इकाई में अभिव्यक्त संप्रेक्षण के लिए विहित पथ। संकेतक युक्त बैंड की सीमा निर्धारित करती आवृतियों का अंतर।

भू-केंद्र (अर्थ स्टेशन) : पृथ्वी पर स्थित ऐसे एंटेना और संबंधित उपस्कर, जो किसी उपग्रह के संपर्क

में रहते हैं।

मध्य आवृति (रेडियो तरंगें/एम.एफ.) संप्रेषण के लिए उपयोगी, मध्य आवृति रेडियो तरंगें। ये रात्रि में, आयन मंडल की पर्तों द्वारा प्रतिबिंबित की जाती हैं।

मल्टी प्लेक्सिंग : वह विधि जिसमें एक उभय संचार पथ पर संप्रेषण के लिए कई परिपथों को संयोजित किया जाता है।

मार्कर : क्रॉसबार टेलीफोन एक्सचेंज में एक उभय नियंत्रण युक्ति जो उपलब्ध पथ की खोज करके कॉलों को मार्ग प्रदान करती है।

नियमन या मॉडुलन (मॉड्यूलेशन) : संसूचना वाले आगत संकेतों को संप्रेषण के उद्देश्य से एक अन्य आवृति सांचे में निर्धारित करने की प्रक्रिया।

मोडेम : टेलीविजन लाइनों पर आधार सामग्री (डाटा) संचार में काम आने वाली एक युक्ति। यह युक्ति डाटा रखने वाले संकेतों को, टेलीफोन लाइन पर भेजने हेतु अनुकूल बनाती है।

मोर्स कोड : सैम्युएल मोर्स द्वारा तैयार की गयी तार-संकेत प्रणाली जिसमें अक्षरों के लिए बिंदु (.) और डैश (–) का संयुक्त रूप से प्रयोग होता है।

रजिस्टर : टेलीफोन एक्सचेंज प्रणाली में प्रयुक्त होने वाली एक उभय नियंत्रण युक्ति।

रिले : विद्युत-परिपथों को खोलने और बंद करने के लिए प्रयुक्त होने वाली विद्युत चुंबकीय युक्तियां।

रेडियो पेजिंग : मार्ग में चलते हुए लोगों को "बीप" का संकेत देकर बुलाने हेतु अति उच्च आवृति का प्रयोग करने वाली एक पद्धति।

लेसर : विकिरण का, उद्दीप्त निरस्सरण द्वारा मंद प्रवर्धन।

लैड : (लाइट एमिटिंग डायोड अर्थात प्रकाश विकीर्णक ट्यूब) एक अर्द्ध संवाहक युक्ति जो विद्युत करेंट गुजरने पर प्रकाश विकीर्ण करती है।

वीडियोटैक्स : (एक नयी सेवा)–जो ग्राहकों द्वारा मांग करने पर टी.वी. के पर्दे पर सूचना उपलब्ध करती है, इसमें टेलीफोन लाइनों और कंप्यूटर का उपयोग होता है।

विस्तृति बैंड (ब्रॉड बैंड) : वे सूक्ष्म तरंग या केबिल प्रणालियां जो बहुत बड़ी संख्या में सामान्यतया 300 से ऊपर स्वर-चैनलों को ले जाती हैं।

व्यू-डाटा : इंग्लैंड में उपलब्ध दृश्य-डाटा अभिगमन सेवा। कुछ बटन दबाकर दर्शकों द्वारा चुने गए विषयों संबंधी आधार सामग्री टी.वी. पटल पर देखी जा सकती है।

श्वेत-शोर परीक्षण (व्हाइट न्वाइज टेस्टिंग) : यह देखने के लिए कि संकेतों का अभिलेखन किस प्रकार होता है, लाइन पर अधिकतम नियोजित टेलीफोन परियात को कृत्रिम रूप से उत्पन्न करके चैनल परीक्षण करने की एक पद्धति।

संघटित परिपथ (इंटिग्रेटेड सर्किट/आई.सी.) : अर्द्ध चालक पदार्थ की एक चिप जिसमें एक दूसरे घटक को तार से लपेटने के बजाय, असंख्य इलेक्ट्रॉनिक घटकों को एक साथ परस्पर बांध दिया जाता है।

संख्यांकन योजना (नंबरिंग प्लान) : राष्ट्रीय उपभोक्ता डायलन की सुविधा के लिए, देश के विभिन्न

क्षेत्रों में नंबर नियत करने की योजना।

सामुदायिक एंटेना दूरदर्शन (सी.ए.टी.वी.) : कम्युनिटी एंटेना टेलीविजन।

सिलिकॉन : धरती पर पाया जाने वाला दूसरे नंबर का सर्वाधिक उपेक्षित पदार्थ जिसका इलेक्ट्रॉनिक घटकों के निर्माण में बहुतायत से प्रयोग होता है।

सूक्ष्म तरंग (माइक्रोवेव) : 1,000 मेगा हर्ट्ज से उच्च आवृति की रेडियो तरंगें जो प्रकाश तरंगों के अनुरूप सीधी गमन करती हैं ओर संचार संकेतों के संप्रेषण के काम में आती हैं।

स्ट्रॉजर एक्सचेंज : यह एक्सचेंज जिसका नाम एलमांड स्ट्रॉजर नामक आविष्कारक के नाम पर रखा गया। यह एक्सचेंज क्रमिक रूप से कॉल स्थापित करता है।

स्वर आवृति (वॉइस फ्रीक्वेन्सी) : टेलीफोन में प्रयुक्त होने वाली आवृति का क्षेत्र 300 से 3,400 हर्ट्ज तक।

स्वर बैंड (बॉडस बैंड) : वाक् तरंग को एक सेकेंड में आठ हजार बार प्रतिदर्शित करने की दर जो स्वर बैंड की अधिकतन आवृति की दोगुनी होती है। (जिस विशेषज्ञ ने इसे विकसित किया उसके नाम पर इसका नामकरण किया गया है।)

स्पंदन कोड मॉड्यूलन (पल्स कोड मॉड्यूलेशन) : मॉड्यूलन की वह विधि जिसमें मूल (वाक्) तरंग का आयाम प्रतिदर्शित होता है और प्रतिदर्शों के मूल्य, संप्रेषण के लिए एकाधिक "एक" और एकाधिक शून्यों, घनात्मक और ऋणात्मक स्पंदनों में परिवार्तित किए जाते हैं।

स्वजन (स्विचिंग) : ऐसे टेलीफोनों के बीच जो स्थायी रूप से संयोजित नहीं हैं, कनेक्शन स्थापित करने की प्रक्रिया।

हर्ट्ज : हैनरिच हर्ट्ज के नाम पर रखा गया यह शब्द प्रति सेकेंड साइकिल चक्कर के लिए प्रयुक्त होता है।

हाइब्रिड : यह अंतरापृष्ठी युक्ति है जो द्वितारक उपभोक्ता लाइन के संकेत को पृथक पृथक, बहिर्गामी और अंतर्गामी पथों से युक्त चतुष्तार लाइन में परिवर्तित करती है (इससे आने वाले संकेतों के लिए उल्टी प्रक्रिया लागू होती है।)

हेटरोडिन रिपीटर : लॉग-हॉल सूक्ष्म तरंग प्रणालियों में प्रयोग होने वाले ये रिपीटर आधार बैंड संकेत ग्रहण नहीं करते। ये संसाधित संकेतों को केवल परिवर्धित करते हैं और उन्हें फिर से सूक्ष्म तरंग आवृति में ऊर्ध्व परिवर्तन करते हैं (दूसरी ओर, आधार बैंड रिपीटर 'शॉर्टहाल' पर प्रयोग होता है जहां आधार बैंड को अधिग्रहीत करके मार्ग के नगरों को जोड़ने के लिए सामान्यतया छोड़ दिया जाता है।

क्षोभ वितरक (ट्रॉपोस्केटर) : क्षोभ मंडल अर्थात वायुमंडल के निचले भाग द्वारा सूक्ष्म तरंगों का प्रकीर्णन।

अनुक्रमणिका

1

नामानुक्रमणिका

2

विषयानुक्रमणिका